

Ministère de la Région de Bruxelles-capitale



**Objectivation
des avantages et inconvénients
des immeubles élevés à Bruxelles**

1

SYNTHESE

**Etude UCL / CLI
Rapport final
Juin 2009**

Responsable de la recherche
Bernard Declève, URBA-UCL

Equipe de recherche

Anders Böhlke, CLI
Nathalie Botton, CERES-UCL
Michaël Durbecq, URBA-UCL
Philippe Guloos, ISA St Luc, ARCH-UCL
Christian Lasserre, CLI
Philippe Boland, ARCH-UCL

Avant-propos

La note ci-après constitue la synthèse de l'étude commandée à l'unité d'urbanisme de l'UCL par le ministère de la Région de Bruxelles-Capitale sur « la problématique des immeubles élevés (tours) de bureaux, de logements et mixtes en Région de Bruxelles-Capitale ».

La demande du ministère comporte deux grands volets:

- une objectivation des avantages et inconvénients des immeubles hauts selon divers points de vue (planification stratégique, urban design, architecture et techniques de construction, économie immobilière, droit de l'urbanisme, sociologie des usages et de la gestion) et en tenant compte des spécificités de la situation bruxelloise ;
- la définition de critères de localisation et d'analyse de projets urbains ou immobiliers comportant des immeubles hauts et la proposition de sites en Région bruxelloise éventuellement propices au développement de différentes catégories de projets.

Le rapport final de l'étude contient la présente note de synthèse et cinq notes thématiques:

1. Rapport de synthèse
2. La tour comme objet technique (62 p.)
3. Habitabilité de l'environnement des tours (37 p.)
4. La tour comme matériau de projet urbain
5. La tour comme objet d'économie immobilière
6. Outils de régulation juridique de la construction en hauteur

Une même démarche en quatre étapes a été suivie pour l'approche des cinq volets thématiques :
/1/Observation de cas /2 / Recherche documentaire /3 / Identification de 'tendances' ou scénarios
/4/ Application au cas de la RBC et recommandation de critères.

Le raisonnement appliqué à Bruxelles s'inscrit dans un cadre de 10 objectifs régulateurs :

1. Promotion de l'habitat (la ville à vivre)
2. Création de logements abordables et diversifiés
3. Accessibilité des transports publics en dix minutes à pied et connexion sur des itinéraires de mobilité douce
4. Disponibilité de parcs et espaces verts en quantité suffisante
5. Préservation des ressources de l'environnement / recours aux techniques d'environnement durable
6. Une ville de 1 200 000 habitants ;
7. Imaginer les bureaux du futur
8. Favoriser l'Europe à Bruxelles
9. Optimiser les infrastructures
10. Développer l'emploi

Dans ce cadre d'objectifs, l'application des critères issus des différentes notes fournit des éléments d'évaluation de la situation des tours à Bruxelles et du potentiel lié à un développement de grande hauteur dans deux scénarios de projet:

- reconstruction de la ville sur la ville (insertion de nouvelles tours dans le tissu existant, utilisation des tours comme matériau de restructuration des Z.I.R. et des zones leviers bruxelloises, recyclage des bâtiments hauts déjà existants)
- Extension urbaine.

Bernard Declève

Table des matières

A. Synthèse des études thématiques	5
B. Récapitulatif des critères d'analyse d'un projet d'immeubles élevés	10
C. Application à un cas bruxellois	12

A. Synthèse des études thématiques

1. La motivation économique de construire des immeubles-tours peut-être de nature ponctuelle ou globale. La plupart des cas examinés semblent ressortir de considérations ponctuelles. Lorsqu'elles ont pu être perçues, les considérations globales semblent plus relever de motivations liées à l'image (les quatre tours de l'avenue Louise dans les années 60, la compétitivité internationale sur les immeubles phares et l'expression architecturale contemporaine) actuellement qu'à une logique économique.
2. La recherche s'est focalisée sur les tours de bureaux, mais on rappellera (CLI 2006) que l'essentiel du parc immobilier foncier bruxellois est constitué de logements : 50.000.000 de m² bâtis (estimation faite à partir des données disponibles à défaut de recensement) contre 12.500.000 de m² de bureaux incluant les immeubles vides et transformés (Observatoire des bureaux). En ce qui concerne la production neuve hors rénovation/reconstruction, ces deux fonctions s'équilibrent dans le temps mais avec vraisemblablement une surproduction de bureaux et une sous-production de logements moyens.
3. Par ailleurs, pour les Bruxellois, les raisons de poser les questions de la densité sont d'abord liées aux questions de la démographie, de la lutte contre l'exode urbain et de la nécessité d'attirer de nouveaux habitants. On retient ici l'hypothèse du Bureau Fédéral du Plan, qui table sur 1.200.000 habitants en 2020 et 1.310.000 habitants en 2060, soit un accroissement de respectivement 200.000 et 300.000 habitants par rapport à la population 2005. Cela représente grosso modo 100.000 logements à produire dans les douze ans et 150.000 logements à trouver dans les 50 ans ¹.
4. Il est donc pertinent mais également nécessaire que la Région bruxelloise priorise la densification par le logement. Cette densification doit être quantitative mais aussi qualitative : la politique publique de densification devrait installer les conditions de mise en œuvre d'une régulation globale de marché permettant de freiner le départ des classes moyennes traditionnelles tout en rendant Bruxelles attractive pour les nouveaux arrivants et néanmoins vivable pour les groupes les plus défavorisés économiquement.
5. En revanche, le marché des bureaux montre des signes évidents de suroffre, comptant près de 2 millions de m² inoccupés sur le territoire régional (taux de vacance générale: 18%), dont seul un peu plus d'un tiers est disponible sur le marché. Le solde (i.e. les bureaux vides hors marché) a doublé entre 1994 et 2008 (i.e. de 600.000 à 1,2 millions de m²) alors que le stock total de bureaux n'a progressé 'que' de 37% sur la même période (AATL et SDRB, 2009). Le renouvellement de bureaux existants devient donc un enjeu important, en particulier au centre-ville (Cité Administrative, quartier européen, p.ex.).

¹ On notera que si cette prévision se vérifie, la densité de population passerait de 62,5 hab./ha à 81,4 hab./ha., ce qui est encore très inférieur à la densité moyenne de population actuelle en première couronne (105 hab./ha)

6. La logique économique supposerait que la tour permette une plus forte densité. L'étude montre que montre pourtant qu'elle entretient un rapport paradoxal à la densité. Les quartiers de tours ne sont pas forcément plus denses, et des immeubles haussmanniens (R+5) ont souvent une densité plus forte que des barres de logements R+15).
7. La production d'immeubles de grande hauteur se pose très différemment selon le scénario urbanistique dans lequel elle s'inscrit. Les trois scénarios observés sont :
 - Urbanisation à haute densité de réserves foncières
 - Tabula rasa
 - Requalification de bâtiments et tissus existants.
8. L'insertion de l'objet 'Tour' dans le tissu urbain donne lieu à trois grands types de formes urbaines :
 - des « quartiers » de tours proches l'une de l'autre, organisées par rapport à la rue (type 1 / Exemples : Rue de la loi à Bruxelles, tours new-yorkaises) ou en « clusters » denses (type 2 / Exemples : La Défense, Canary Wharf, le quartier – Nord, même si ce dernier est assez peu dense)
 - des tours « insérées dans le tissu urbain (Type 3 / Exemples : Tour Louise/Generali avenue Louise à Bruxelles)
 - la tour isolée dans un espace dégagé, peu bâti, dont la construction n'aurait pas été possible sans la proximité de ces espaces. A Bruxelles, la tour du Midi et le Brusilia se rapprochent de cette catégorie, de même que les assurances P&V ou Victoria Regina face au Jardin Botanique, le Royal Building face au Parc de Forest ou l'IT Tower face à La Cambre.
9. La rue comme principe structurant implique (Karoly, 2007, cfr note 3) :
 - Alignement le long des voies principales et regroupement des tours dans des quartiers délimités
 - Edification de socles « à hauteur d'arbres », au gabarit semblable à celui des immeubles alentour, depuis lesquels surgissent les gratte-ciel
 - Aménagement de passages publics traversant cette assise et générant des raccourcis piétonniers. L'accès à ce passage par l'entrée principale de la tour renforcent l'expérience que les visiteurs peuvent avoir du bâtiment.
10. Les conditions du « cluster » sont :
 - Densification de certaines zones de tours en « clusters » reliés au reste de l'agglomération par les lignes de transport en commun
 - Réalisation de 20% seulement des places de parkings obligatoires et versement des budgets non investis en parking dans l'amélioration du réseau et des services de transport public
 - Percement de nouvelles rues et aménagement de voies piétonnes de manière à faire correspondre densité verticale et densité du réseau de circulation piétonnier.
11. Le parc public et/ou le square peuvent également être choisis comme principes structurant la composition urbaine. L'autorisation de construire en hauteur peut en

effet constituer un moyen de libérer l'espace et de permettre la création d'espaces de nature rendant la ville plus habitable.

12. Les expériences de New-York et Yokohama mettent en évidence différents scénarios de partenariat public-privé autour de cette question. Deux hypothèses de scénarios peuvent être retenues (cfr Note 3):
 - L'octroi de « bonus » contre la participation à la création de parcs publics ou à la mise à disposition publique d'espaces ouverts privés (New York)
 - La mise à disposition publique de terrains privés contre la participation de la ville à la conception et à l'aménagement du parc (Yokohama et Francfort).
13. Quelque soit le scénario, il reposera sur des méthodes d'« *incentive planning* » et impliquera, comme pour la question des transports, un renforcement des services de planification stratégique et une approche de gestion concertée entre l'administration régionale et les promoteurs privés, à chaque étape de développement du projet.
14. Les concepteurs de la tour n'ont pas de prise directe sur l'évolution et la gestion des infrastructures urbaines sur lesquelles s'exercera l'impact des flux de circulation générés par le bâtiment. On doit lier architecture et urbanisme pour minimiser les désagréments urbains apportés par la tour.
15. La tour n'est pas 'en soi' une forme urbaine mais un objet d'architecture. Une collectivité qui s'interroge sur les règles du jeu d'occupation de son territoire ne devrait pas accepter qu'un bâtiment impose sa logique à la ville qui l'accueille. La négociation entre la tour et la ville concerne en priorité cinq thèmes :
 - La capacité de gestion publique des flux générés par la tour
 - la définition du type de densité urbaine et la participation de l'immeuble à la coproduction d'espaces publics urbains
 - l'inscription des tours dans le paysage urbain et la gestion publique des vues
 - Le confort public au pied des tours
 - la question de la mixité.
16. A l'exception des tours Belgacom, le couronnement des tours bruxelloises ne fait généralement l'objet d'aucune attention particulière. Or, la qualité iconique du couronnement peut donner au bâtiment valeur de repère à l'échelle de la ville entière et en fixer l'image dans l'imaginaire de ses habitants. Le couronnement est, après le pied de la tour, un deuxième facteur de dialogue entre la tour et la ville.
17. L'inscription d'immeubles hauts dans le paysage urbain pose la question de l'opportunité d'un système de gestion publique des vues, comme c'est le cas à Paris ou à Londres (Protected Vista). Pour mettre en œuvre un tel système à Bruxelles, il faudrait procéder à une étude de city design permettant d'identifier les couloirs de vues éventuellement à protéger et d'évaluer l'intérêt éventuel de fixer une hauteur tapis.
18. Une conception prudente et étudiée des ambiances urbaines peut/doit fournir une protection contre les aspects négatifs de l'environnement climatique en milieu urbain.

Les principaux facteurs microclimatiques influencés par la présence d'immeubles hauts à prendre en compte pour des ambiances urbaines de qualité sont les suivants :

- i. Le confort au vent
- ii. Le confort visuel
- iii. Le confort thermique lié au confort au vent et à l'ensoleillement.

19. Pour réduire les hautes vitesses de vent inévitables autour d'un bâtiment élevé, on peut donner les quelques conseils architecturaux suivants :
 - Diminuer la hauteur du bâtiment élevé, afin de diminuer le rapport H/h entre la hauteur de ce bâtiment et la hauteur moyenne du tissu urbain,
 - Diminuer la hauteur des parties du bâtiment qui longent l'espace public, surtout près des coins, par des reculs, des gradins, des socles,... cela pour que le rapport H/h soit le plus progressif possible.
 - Densifier le voisinage immédiat du bâtiment élevé par des constructions moins élevées, dont le rapport de hauteur devrait idéalement se situer dans l'intervalle suivant : $1.6 \leq H/h \leq 2.5$
 - Créer de larges débords sur toute la façade au vent du bâtiment.
 - Prévoir des éléments poreux (végétation, écrans perméables,...) sur l'ensemble de la zone afin de réduire les vitesses de vent au niveau piéton.
 - Agrandir l'espacement entre les bâtiments élevés jusqu'à une distance au moins égale à 3 fois la dimension transversale des tours ($E > 3d$) afin d'éviter les interférences entre celles-ci
20. Les ombrages négatifs excessifs et un mauvais accès à la vue du ciel dus à un immeuble élevé sont inévitables par la nature même de celui-ci... La seule voie pour les limiter est de revoir la taille de l'édifice à la baisse.
21. Organiser la mixité fonctionnelle au sein des tours est une autre manière de favoriser le dialogue entre le bâtiment et la ville. La mixité permet de favoriser l'intensité d'utilisation des aménités et des équipements dans la tour ou au voisinage de celle-ci : commerces, espaces publics, parkings, etc. Le décalage horaire journalier entre les programmes d'utilisation de l'immeuble constitue un facteur positif dans ce sens.
22. Dans le domaine des bureaux, diverses constatations ont pu être faites :
 - les immeubles tours s'adressent essentiellement à de grands occupants, ce qui donne à penser que le facteur 'surfaces' est plus important que le facteur 'hauteur' ;
 - les perspectives de demande nette en surfaces de bureaux restent limitées tant sur le plan global (take up net global) que sur le plan sectoriel (croissance de l'emploi dans les différents secteurs, besoins des institutions internationales) ;
 - au niveau des valeurs et loyers actuels, l'augmentation de la densité bâtie ne diminue pas significativement les coûts ;
 - la demande en bureaux étant une demande de transfert, deux cas de figure très différents peuvent se poser :
 - le regroupement d'immeubles moyens dans la tour de la Cité administrative ou dans des bâtiments à usage de la Commission européenne ;

- le regroupement de petits (< 500m²) occupants dans un immeuble emblématique.

Le premier cas amène à une recentralisation des bureaux dans les quartiers déjà administratifs et ne résout pas le problème de la réutilisation des immeubles devenus vacants. Dans le second cas, la réutilisation d'immeubles quittés ne devrait pas être un problème et pourrait même être un objectif. Par contre, le problème est celui de la motivation des occupants.

23. Dans le secteur de l'habitation, la constatation principale est que, dans le cadre actuel des prix de vente des logements neufs non subsidiés des secteurs moyen et moyen/supérieur (de 1.750 € à 3.000 €), la diminution des charges foncières ne semble pas réduire significativement le prix et donc l'accessibilité financière des logements urbains. En effet, l'essentiel du gain foncier est absorbé par des surcoûts de construction, par l'allongement des durées de chantier, et par des rapports de surfaces nettes/brutes défavorables. A cela s'ajoute une prise de risque difficile à évaluer dans un marché où le phasage semble se substituer aux études de marché.
24. Lorsque l'imputation foncière est inférieure à 50% du prix, les coûts de construction ont un impact déterminant. Ceux-ci ont pu être approchés mais il n'existe pas encore un « *marché* » des immeubles-tours en Belgique.
25. Sur le plan des opérations immobilières analysées, il semble bien que les valeurs actuelles de marché ne prennent pas encore en compte les coûts différentiels d'exploitation, d'entretien, et la durée de vie. Si tous les acteurs s'accordent à dire que les coûts de consommation sont une préoccupation, les méthodes d'expertise et d'analyse de marché actuellement observées ne permettent pas de dire que ces facteurs sont quantifiés. Dans le domaine des bureaux par exemple, il ressort clairement des opérations de ces cinq dernières années que la fiscalité a fait l'objet d'études et de préoccupations plus nombreuses et pointues que les questions de durabilité (déclarations d'acteurs sur le montant des honoraires concernés)². Il existe cependant une logique commerciale lorsque la taille de la tour permet des services multi occupants (IT Tower).
26. Les gabarits économiquement optimaux qui se dégagent des hypothèses examinées et des simulations réalisées en termes d'attributions d'imputation terrain et de rapport net/brut dégressifs en fonction de la hauteur d'immeuble sont les suivants :
 - en **bureaux** uniquement, et pour la taille de plateau illustrée (référence de 1.500m²), le coût décroît avec la hauteur.
 - en **logements**, le prix de revient n'augmente pas avant 15 étages sur base des diverses hypothèses retenues
27. Les outils de régulation urbanistique utilisés en France, aux Pays-Bas et en Allemagne, sont assez similaires à ceux qui existent en Belgique. Ils comportent toutefois des éléments intéressants à étudier pour la Région bruxelloise (cfr Note 6).

² Hors maîtrise d'œuvre, l'essentiel des honoraires va à l'intermédiation et la fiscalité beaucoup plus qu'aux études de marché et environnementales. Il s'agit de proportion par opération mais surtout de volume total par rapport au marché.

On épinglera le système des fuseaux de protection mis en œuvre à Paris et celui des Protected vistas à Londres.

28. Aux Pays-Bas et en Allemagne, il est intéressant de noter qu'une demande de permis d'urbanisme conforme à un plan d'aménagement ne peut être refusée, contrairement à la situation en Région bruxelloise. Dans le cas de Francfort, l'implantation des tours est décidée dans un plan général, qui doit être traduit par des plans d'aménagement plus précis. La politique urbanistique à Londres semble s'inscrire dans une toute autre logique. Aucune porte ne semble a priori fermée, seuls des grands principes de décision étant établis à l'exception des vues protégées.
29. D'une manière générale, aucune des politiques menées dans les quatre villes examinées ne va à l'encontre des tours. Au contraire, leur construction est plus encouragée, le développement de la ville devant passer par une densification de celle-ci. Ces politiques confirment enfin l'importance de trois critères importants:
- la mobilité : les instruments examinés insistent généralement sur l'importance de densifier là où une très bonne accessibilité en transport en commun existe ;
 - les clusters semblent être privilégiés plutôt que les tours isolées ;
 - l'impact des immeubles élevés sur les vues existantes.
30. Suite à l'examen des règles urbanistiques appliquées dans les autres pays, l'opportunité de transposer les éléments suivants en Région bruxelloise mériterait d'être envisagée :
- plan régional sur la localisation des tours (à intégrer dans le PRD ?) ;
 - système de fuseaux ou de vues ;
 - mis en œuvre par des PPAS ;
 - prescriptions plus simples en matière de hauteur ;
 - définitions des affectations plus souples (dans le glossaire et dans les permis).
31. Au lieu de figer de manière définitive l'utilisation de chaque centimètre carré de l'immeuble sur des plans, on pourrait envisager de déterminer un pourcentage pour chaque affectation, à répartir dans l'immeuble en fonction des besoins. Le contrôle du respect de ces pourcentages pourrait être effectué au moyen d'une simple déclaration envoyée à l'autorité lorsque la répartition des superficies change.

A cet égard, un mécanisme intéressant est actuellement appliqué dans le cadre des autorisations d'implantation commerciales (AIC) relatives à des complexes commerciaux. Certaines AIC, plutôt que de figer les superficies afférentes à chaque assortiment déterminent de manière littérale des pourcentages maximum, dont le total est supérieur à 100. On propose ci-dessous un exemple de répartition:

- loisirs : 15% ;
- équipement de la personne : 40% ;
- équipement de la maison : 30% ;
- jardinage : 15% ;
- supermarché : 15% ;
- électroménager : 10% ;
- Total : 125%.

Cela permet donc une très grande flexibilité, tout en permettant à l'autorité d'être assurée qu'un certain équilibre sera maintenu. De même, en ce qui concerne les changements de destination des places de parking, si l'on considère ces changements sont soumis à permis³, il serait plus judicieux de prévoir une répartition des emplacements de parcage en termes de pourcentages.

32. Le système actuel des charges d'urbanisme apparaît à ce stade comme opportun, même si celui-ci devrait faire l'objet de quelques aménagements. Son caractère rigide est notamment un frein à une réelle efficacité ; les charges devraient en effet être adaptées aux spécificités de chaque cas d'espèce.

³ Ce dont on peut douter dans la mesure où les locaux situés sous le niveau du sol est affectés au parcage ne sont pas considérés comme des superficies de plancher au sens du PRAS ; si l'on devait demander un permis pour changer l'affectation d'un emplacement, il faudrait donc indiquer 0 en situation existante et 0 en situation projetée dans le tableau des superficies...

B. Grille d'analyse des projets d'immeubles élevés

En synthèse, six critères structurent l'analyse d'un projet d'immeuble élevé:

1. Localisation

- 1.1. Profil d'accessibilité du site /
- 1.2. Equipement de la zone en services collectifs
- 1.3. Statut urbanistique du terrain et de l'environnement
- 1.4. Impact sur le paysage

2. Contribution à l'espace public

- 2.1. Affectation des premiers niveaux à des activités accessibles au public (commerces, guichets d'administrations, écoles, crèches, gares,...)
- 2.2. Contribution du projet à la création d'espaces publics (places, rues, jardins, galeries, etc.)
- 2.3. Incidence de la localisation des entrées / sorties parking sur le confort de l'espace public
- 2.4. Qualité de repère du couronnement de la tour
- 2.5. Accessibilité publique au sommet de la tour.

3. Confort public au pied des tours

3.1. Confort visuel et ensoleillement

- 3.1.1. Facteur Vue du ciel au voisinage de la tour. Critère : $H/\text{largeur de l'espace} < 0.5$
- 3.1.2. Ombrages négatifs excessifs
- 3.1.3. risques d'éblouissement générés par les réflexions spéculaires du rayonnement solaire direct sur des surfaces très réfléchissantes

3.2. Confort au vent.

- 3.2.1. rapport « hauteur bâtiments / largeur de la rue » supérieur ou égal à 0,7 mais sans larges espaces ouverts.
- 3.2.2. Espacement entre bâtiments élevés au moins égal à 3 fois la dimension transversale des tours ($E > 3d$).
- 3.2.3. Rapport entre hauteur H du bâtiment élevé et la hauteur h des constructions du voisinage situé dans l'intervalle suivant : $1.6 \leq H/h \leq 2.5$
- 3.2.4. Pas de changements de hauteur abrupts (supérieurs de 100% à la hauteur de la zone précédente)
- 3.2.5. Progressivité du rapport H/h
- 3.2.6. Prévoir des éléments poreux (végétation, écrans perméables,...) sur l'ensemble de la zone afin de réduire les vitesses de vent au niveau piéton.

- 4. Mixité**
 - 4.1.** mixité fonctionnelle /Accessibilité de commerces, espaces publics, parkings
- 5. Densité bâtie et valorisation économique**
 - 5.1.** P/S
 - 5.2.** Imputation du prix du terrain
 - 5.3.** Effet 'vue'
- 6. Gestion publique des flux générés par la tour**
 - 6.1.** Nombre d'occupants par élément de programme
 - 6.2.** Profil de mobilité du projet /
 - 6.3.** Adéquation entre profil accessibilité du site et profil mobilité du projet
 - 6.4.** Surfaces de parkings et accès.
 - 6.5.** Stockage des déchets
 - 6.6.** Estimation des flux d'énergie et de fluides
 - 6.7.** Estimation des consommations d'énergie et de fluides

C. Application

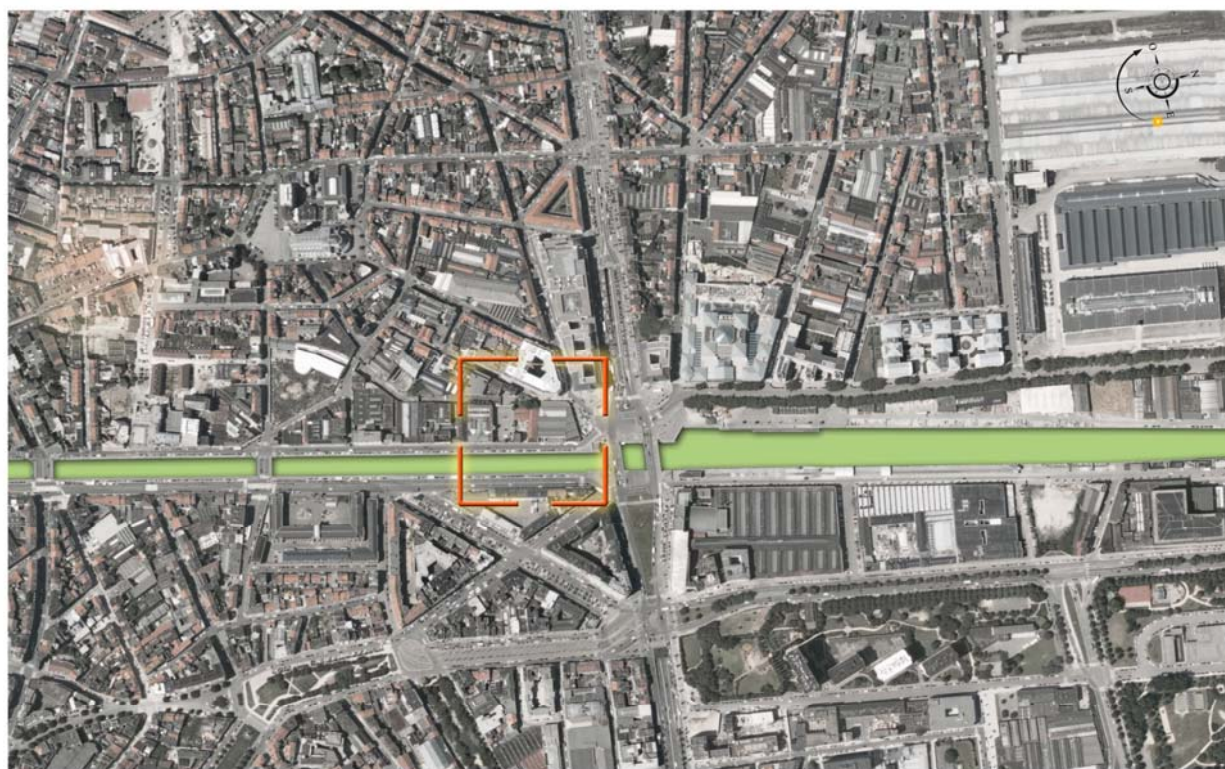
Projet de tour mixte Place Saintelette / Quai des charbonnages

1 Présentation du cas

On se propose ci-dessous d'appliquer la grille d'analyse de l'étude à un projet de tour envisagé en bordure de canal et de la place Saintelette, à la place d'un magasin de tapis et d'un garage.

Il s'agit d'un projet dessiné par trois bureaux : Michel Jaspers, Lobjoy (Paris, France) et DDS & Partners, via Christian Sébilde, qui coordonne le projet.

L'analyse du projet est réalisée sur base des documents graphiques rassemblés dans une présentation Powerpoint (14 pages), fournie par l'AATL et datant du mercredi 7 mai 2008.



Mercredi 7 Mai 2008

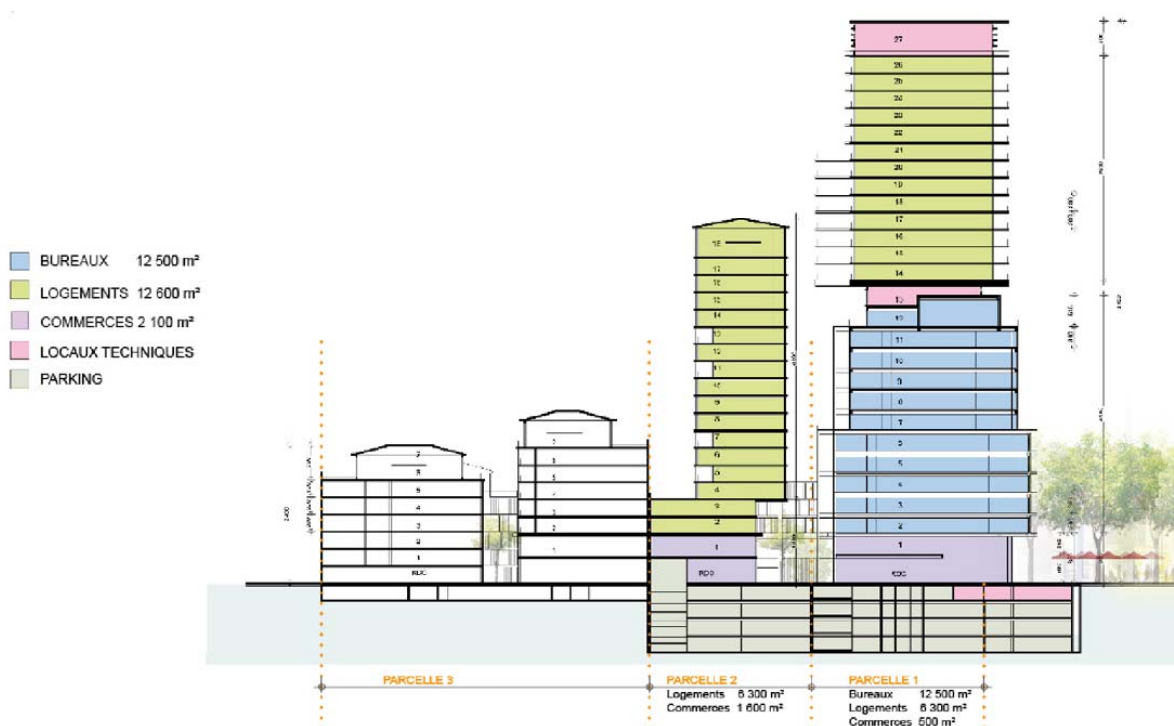
Lobjoy&Bouvier
Jaspers - Eysers & Partners

DDS
& PARTNERS

BRUXELLES - PLACE SAINCTELETTE / QUAI DES CHARBONNAGES
PROJET D'IMMEUBLE MIXTE - COMMERCE - BUREAUX - LOGEMENTS

CBRE
INVESTORS

Le projet s'organise sur deux parcelles. Une troisième parcelle apparaît avec principalement des logements, sur laquelle nous n'avons pas eu de données.



1.1. Sur la parcelle 1 est implantée une tour comprenant 3 unités fonctionnelles superposées:

- Commerces (Rez et 1^{er}) pour une surface brute totale de 500m² ;
- Bureaux (R+2 à R+12) pour une surface brute totale de 12 500 m², les étages ayant en moyenne une surface brute de ± 1 140 m² (les 5 premiers étages atteignent ± 1 300 m² les 6 suivants ± 1 050 m²);

- Logements (R+14 à R+26) pour une surface brute totale de 6 300 m², les étages ayant en moyenne une surface brute de 485m². De l'analyse des plans (page 10) on peut déduire qu'il y a 4 appartements par étage sur les 7 premiers étages et 3 appartements par étage sur les 6 suivants. Le nombre total de logements pris pour référence est de 46 logements. Ces logements ont une surface brute moyenne de 139m².

La surface de la parcelle est de $\pm 1\,370\text{m}^2$ et celle-ci est complétée par une parcelle annexe de 730 m² de superficie privative dédiée à l'espace public vers la place Saintellete, soit un total de 2.100 m². L'emprise au sol de la tour est estimée à $\pm 1.300\text{m}^2$.

L'accès aux bureaux se fait par la place Saintelette. L'accès aux logements se réalise via le quai des charbonnages. L'accès aux commerces se fait par le quai des charbonnages et par la place Saintelette. L'accès au parking aménagé sous cette parcelle se réalise via la rue de la « petite Senne ».

1.2. La parcelle 2 est occupée par :

- un espace non bâti (passage, atrium) de 400m² permettant la traversée de la parcelle ;
- un socle bâti (R+1) à destination de commerces (surface brute totale : 1.600m²) , sur lequel viennent se poser deux immeubles de logements:
 - en front de canal (18 étages avec les deux derniers en duplex)
 - à front de la rue « petite senne » (4 étages de logements dont les deux derniers en duplex).

La surface au sol de cette parcelle est de $\pm 1.200\text{m}^2$.

La surface des logements couvre 6.300 m². De l'analyse des plans (page 10) on peut déduire qu'il y a 3 à 4 appartements par étage dans l'immeuble à front de canal (les surfaces brutes par étage y sont approximativement de $\pm 326\text{m}^2$) et 3 logements par étage dans le bâtiment rue « petite senne » (la surface brute par étage y est approximativement de 420 m²). Le nombre total de logements est de 60 logements. Les logements ont en moyenne une surface brute de 105 m².

On accède aux logements et aux parkings souterrains par le quai des charbonnages.

1.3. La parcelle 3 est occupée par :

- 2 bâtiments R+5 de logements sur la rue de la « petite senne » (5^e et 6^e en duplex);
- 2 bâtiments de logements R+6 sur le quai des charbonnages (6^e et 7^e en duplex).

La surface au sol de cette parcelle est de $\pm 2.530\text{m}^2$.

De l'analyse des plans (page 8) on peut déduire qu'il y a 15 appartements par étage (7 appartements par étage côté « petite senne » et 8 côté « quai des charbonnages »). Cette parcelle comprend potentiellement 42 + 48 logements soit 90 logements.

La surface brute couverte par ces logements est évaluée à $\pm 7.260\text{m}^2$.

Les accès aux logements se font par le quai des charbonnages et la rue « petite Senne ». L'accès au parking sous cette parcelle se réalise via la rue « petite senne ».

1.4. Synthèse du programme proposé :

PARCELLE 1 : Le projet compte 28 niveaux hors-sol.

RDC & R+1 : Commerces
 R+2 à R+12 : Bureaux
 R+13 : Etage technique
 R+14 à R+26 : Logements (46 unités)
 R+27 : Etage technique

PARCELLE 2 : Le projet compte 19 niveaux hors-sol.

RDC & R+1 : Commerces
 R+2 à R+18 : Logements (60 unités)

PARCELLE 3 : Le projet compte 6 à 7 niveaux hors-sol.

	Parcelle 1	Parcelle 2	Parcelle 3
Nombre d'étages	28	19	6 à 8
Surface moyenne par étage	416 m ²	689 m ²	n.c.
Nombre de logements	46	60	90
Taille moyenne par logement	139 m ²	105 m ²	82 m ²
Nombre d'habitants (logements)	184	240	225*
Nombre d'occupants (bureaux)	700 à 800	-	-

*Avec un taux estimé de 4 habitants par logement

**Avec un taux estimé de 2,5 habitants par logement

2. Localisation

2.1 Profil d'accessibilité du site



Le projet est situé en zone d'accessibilité B (en brun sur la photo), sauf la portion annexe de la parcelle 1 (733,1m²) qui est en zone A (en rouge sur la photo).

La place Saintelette est de fait desservie par de nombreuses lignes de métro (lignes 2 et 6), Bus (lignes 233, 235, 240, 241, 142, 246, 129, 190, 250, 251) et tram (ligne 18).

Les stations métro les plus proches sont Yser et Ribaucourt. Peut-être la perspective de voir ce site habité par plus de 1000 personnes, sachant par ailleurs la densification attendue sur le site de Tours&Taxis, justifierait d'étudier l'opportunité d'ouvrir la station de métro Saintelette située en-dessous du canal. Le gros-œuvre de celle-ci a été construit en dessous du boulevard mais elle n'a jamais été utilisée à cause de la forte proximité des stations Yser et Ribaucourt.

On observera aussi que le choix d'implanter le bâtiment en recul de la limite parcellaire permet de maintenir l'ensemble en zone B, où la contrainte 'Parkings' est deux fois moins lourde (1 emplacement / 100m² de bureaux, ce qui explique les quatre niveaux de sous-sol).

2.2 Adéquation des profils de mobilité du projet et d'accessibilité du site

On ne connaît pas à ce stade les caractéristiques de la mobilité susceptible d'être générée par l'occupation des bâtiments (public à recevoir, nombre d'occupants des bureaux, nécessité pour les travailleurs d'utiliser l'automobile dans le cadre du travail,

réception de poids lourds...). Il est donc difficile à ce stade d'évaluer l'adéquation entre les profils de mobilité et d'accessibilité.

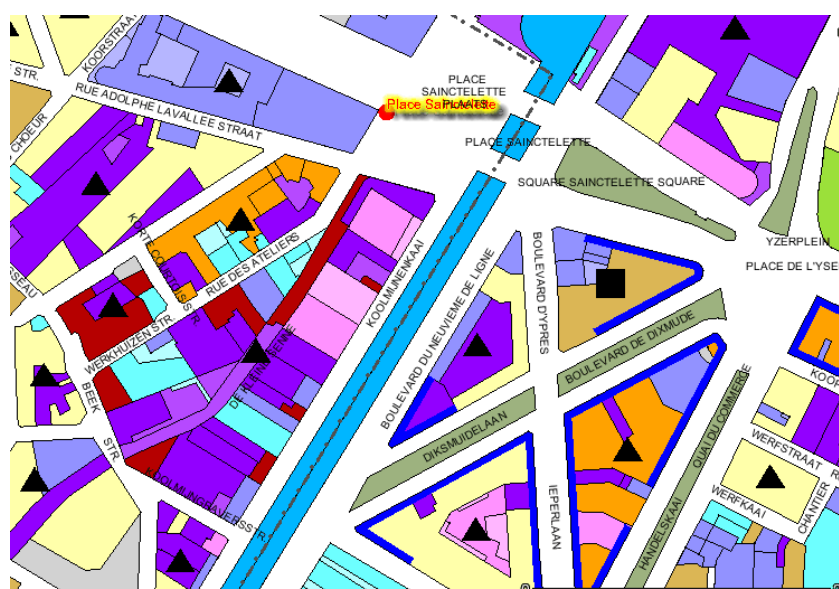
On peut toutefois penser que les besoins de parkings liés aux activités prévues dans le socle (commerces, ateliers et/ou équipements justifient le positionnement du complexe en zone d'accessibilité B. En ce qui concerne les bureaux, l'application de la norme 1 emplacement / 200m² de bureaux semble plus justifiée.

2.3 Equipement de la zone en services collectifs

L'environnement du site est riche en équipements de services éducatifs et culturels, tant à l'échelle locale qu'à l'échelle métropolitaine.

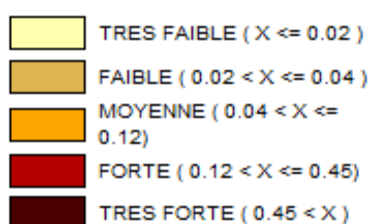
2.4. Statut urbanistique du terrain et de l'environnement

2.4.1 Situation existante de fait



MIXITE GLOBALE PAR ILOTS

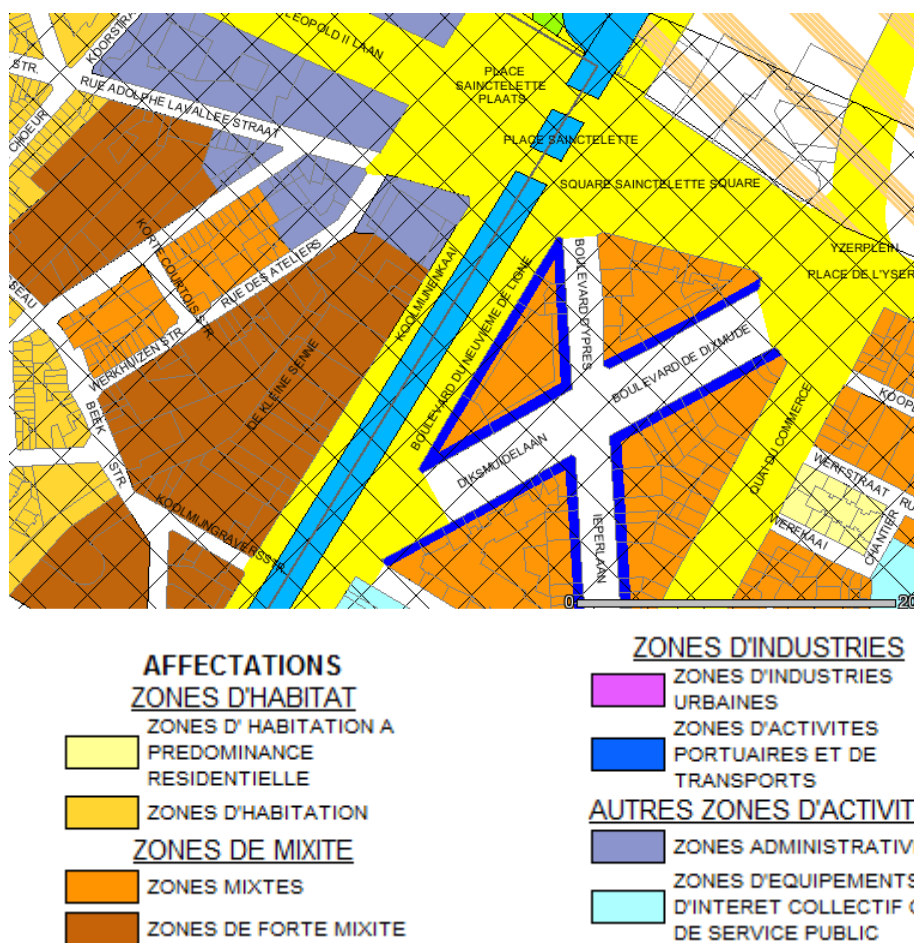
(X = PROPORTION SURFACE BUREAU, INDUSTRIE, HOTEL / SURFACE LOGEMENT)



ACTIVITE PREDOMINANTE PAR PARCELLE



2.4.2 Carte des affectations du sol



2.4.3 On notera l'abrogation récente du Plan particulier d'aménagement (PPA) par la commission de concertation.

2.4.4 Du point de vue de l'action urbanistique sur l'environnement, on relèvera les transformations dues aux contrats de quartier « Ateliers, 2005-2009 » (en rouge sur la photo ci-dessous) et au contrat de quartier « Saint-Jean Baptiste, 1994-1998 » (tracé jaune sur la photo ci-dessous).



2.5. Impact sur le paysage

2.5.1. Repérage du bâtiment dans le paysage de la ville

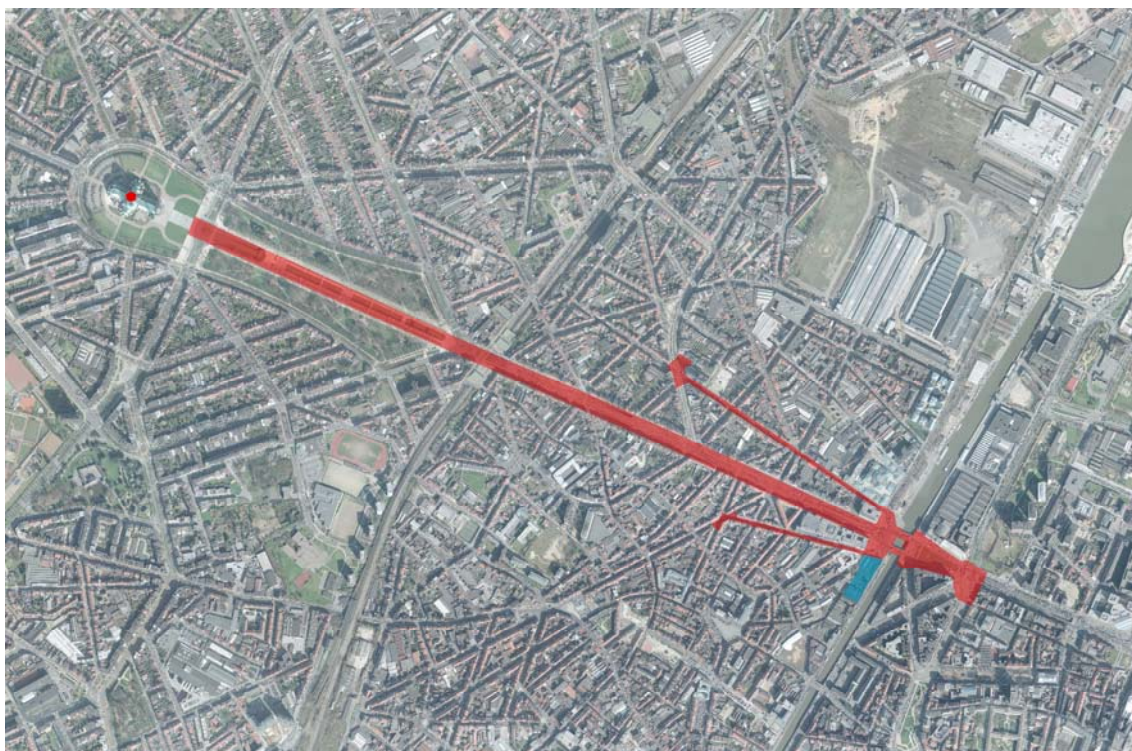
Les montage-photos ci-dessous, réalisés par les auteurs de projet, montrent comment cette tour isolée sera perçue à partir de différents points de la ville : la basilique (1), les hauts de Tours & Taxis (2), le pont Van Praet (3), l'esplanade de la Cité administrative (4), la porte de Ninove (5).



(Source image : *Projet de CBRE Investors, Jaspers-Eyers & partners, Lobjoy&Bouvier*)

En terme de composition urbaine, s'il apparaît justifié de ponctuer par un repère l'articulation entre le canal et l'axe 'Botanique / Basilique', sans doute faut-il prêter davantage d'attention à deux autres facteurs structurants que sont :

- la figure potentiellement structurante que constitue le trident centré sur le carrefour de la porte de l'Yser et formé par l'axe du boulevard Léopold II au centre, la rue Adolphe La Vallée au Sud et la rue de l'Intendant au Nord.
- La présence des deux bâtiments de la communauté française, qui contribuent au repérage de cette figure en même temps qu'à la personnalité de la place Saintelette.



Or, on observera que la rupture d'alignement proposée dans le projet pour permettre à celui-ci de figurer totalement en zone d'accessibilité B affaiblit la figure du trident.

2.5.3. De la nécessité d'un couronnement de la tour

Par ailleurs, sans doute est-il justifié de prévoir une architecture qui ne soit pas trop individualiste et accompagne mieux la figure amorcée du trident ainsi que les bâtiments de la Communauté Française. A ce propos, on peut s'interroger sur la pertinence de la solution formelle offerte par l'empilement de volumes différenciés par fonction choisie pour exprimer la mixité du programme (voir ci-dessous)



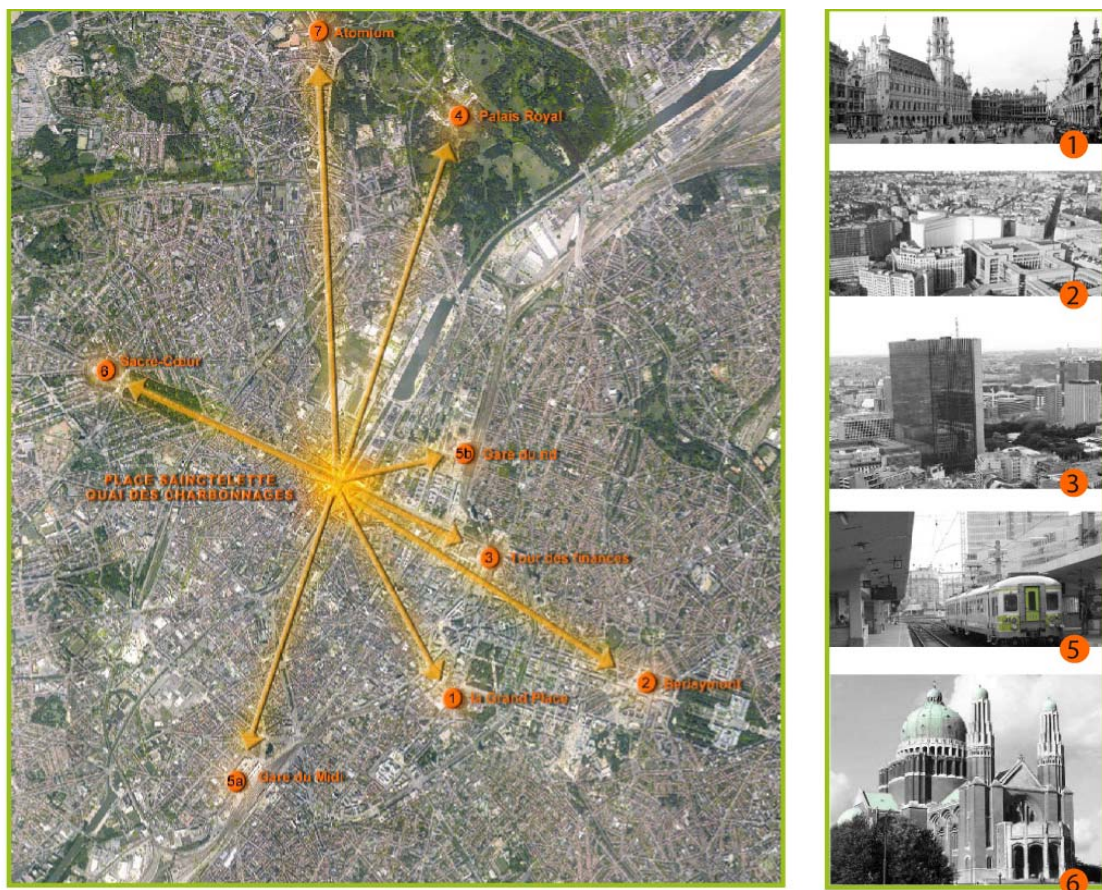
(Source image : *Projet de CBRE Investors, Jaspers-Eyers & partners, Lobjoy&Bouvier*)

C'est une architecture qui ne parle que d'elle-même. Ne devrait-elle pas, au contraire, chercher les voies d'un dialogue formel avec les autres repères urbains par rapport auxquels la tour sera nécessairement mise en résonance perceptive du fait de sa hauteur ?

L'étude d'une formule de couronnement de la tour apparaît, dans cette perspective, comme une nécessité d'un tel projet.

2.5.4. Offre de points de vue sur la ville et le paysage

L'illustration ci-dessous, également fournie par les auteurs de projet, met en évidence quelques repères urbains qui seront perceptibles depuis les étages plus élevés de la tour : la Grand-place (1), le Berlaymont (2), la tour des finances (3), le palais et le parc de Laeken (4), les gares du Midi et du nord (5a et 5b), la Basilique de Koekelberg (6) et l'atomium (7)



(Source image : *Projet de CBRE Investors, Jaspers-Eyers & partners, Lobjoy&Bouvier*)

L'offre de paysage faite aux occupants des étages élevés de la tour constitue d'évidence un avantage dont l'évaluation peut faire partie d'un raisonnement économique, comme nous le verrons plus loin (point 3.3).

Par ailleurs, aucune indication ne permet de penser que le sommet de la tour soit accessible au public. Le dernier étage est dévolu aux locaux techniques. Peut-on envisager l'application de la norme de Francfort sur le projet ? Qu'en est-il pour l'étage « lobby » entre les étages bureaux et ceux de logements ?

3. Contribution à l'espace public

3.1. Affectation des premiers niveaux à des activités accessibles au public (commerces, guichets d'administrations, écoles, crèches, gares,...)

Les deux premiers niveaux sont destinés aux surfaces commerciales (rez + mezzanine). Ils sont vraisemblablement prévus de plain-pied par rapport au niveau de la place.



Il n'y a pas, au stade actuel et selon les documents fournis, de description des types de commerces prévus (mall, fun shopping, équipements métropolitains et/ou de proximité?)

3.2. Contribution à la création d'espaces publics (places, rues, jardins, galeries, etc.)

L'édification du bâtiment est associée à l'aménagement de la rue de la Petite Senne et du triangle que forme l'embouchure de celle-ci dans la rue des ateliers. Cet aménagement nous semble, du point de vue urbanistique, constituer un enjeu important d'amélioration du tissu d'espaces publics aux abords du site.

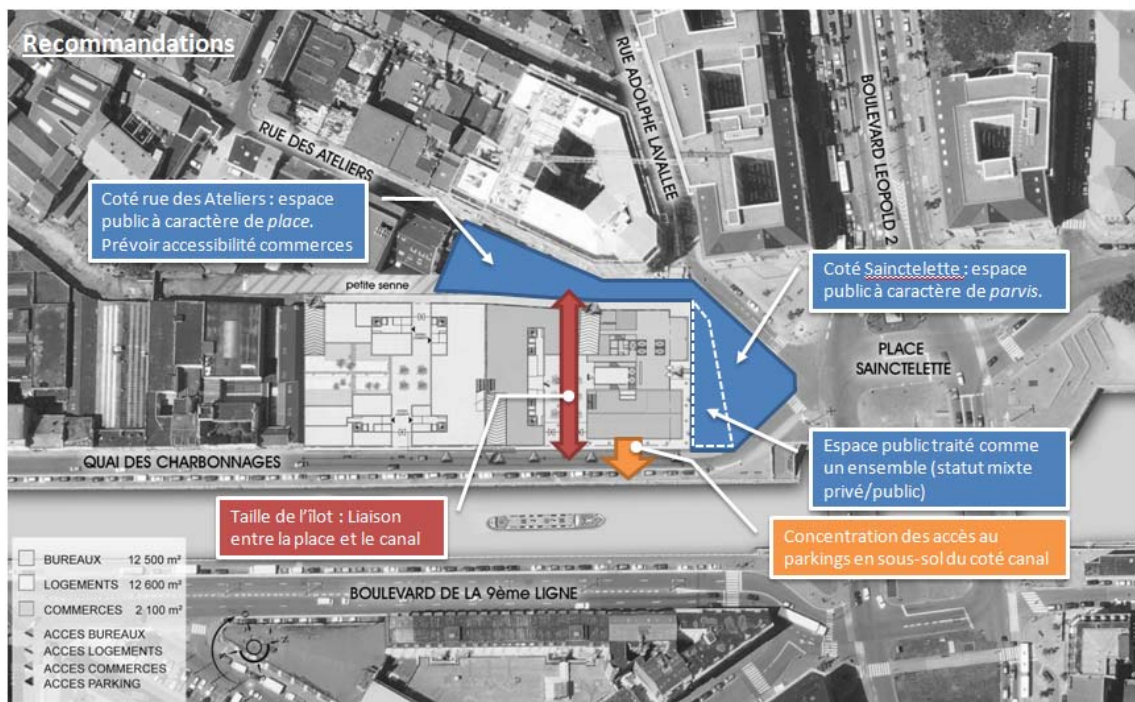


(Source image : *Projet de CBRE Investors, Jaspers-Eyers & partners, Lobjoy&Bouvier*)

Celui-ci est à considérer comme une frontière entre, d'une part, la dynamique métropolitaine associée notamment à la position de la place Saintelette dans la structure urbaine et au voisinage de la Communauté française, et d'autre part à l'ambiance plus locale caractérisant la rue des ateliers. Il faudrait éviter de réduire celle-ci et l'espace triangulaire situé à son extrémité à être l'espace rejet des flux générés par les nouveaux immeubles. On observera que du point de vue du confort public (ensoleillement, calme), cette placette triangulaire est favorisée par rapport parvis envisagé place Saintelette. Elle bénéficie de la proximité des équipements dédiés à l'animation de la rue des ateliers. Aménagée comme une placette de proximité, elle enrichira considérablement le tissu existant d'espace public.

Dans cette perspective, nous ouvrons deux pistes de réflexion :

- les entrées/sorties de parking prévus sous les trois parcelles devraient être regroupées. Un accès unique devrait être envisagé sur le quai des charbonnages plutôt que sur la placette arrière. Par ailleurs, la gestion de ces parking devrait être mutualisée.
- La porosité et l'accessibilité au public des espaces ouverts prévus dans les socles des immeubles devrait être garantie par contrat entre l'autorité publique et le gestionnaire, dès l'octroi du permis d'urbanisme, sur le modèle des Privated Owned Public Spaces de New York (voir note 3)



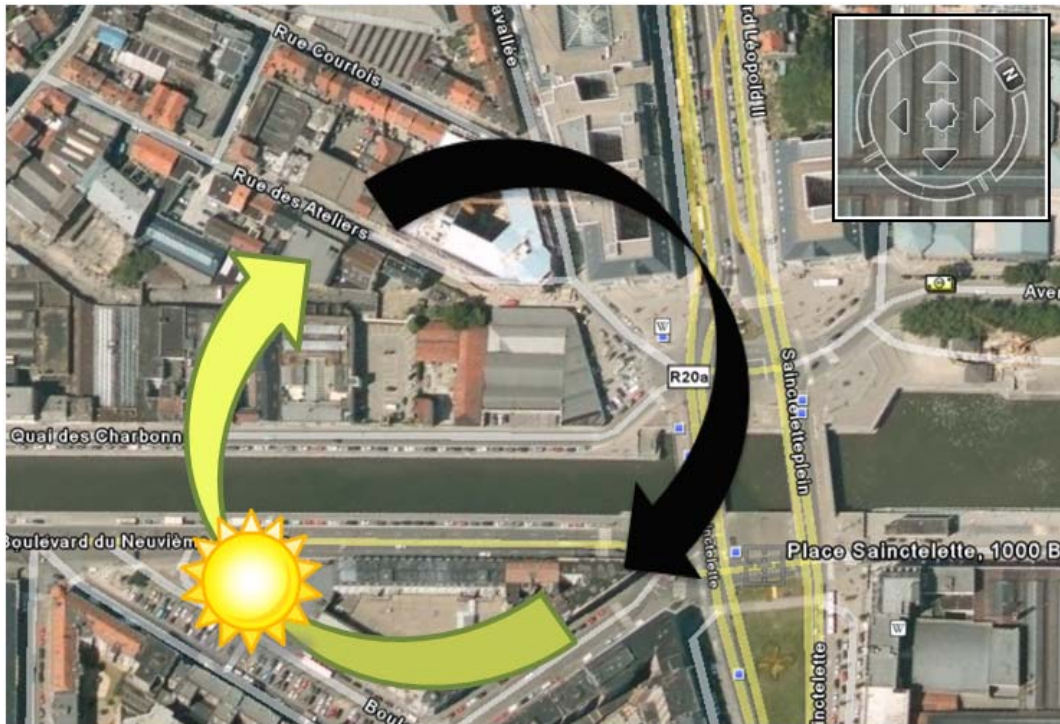
Le schéma ci-dessous montre une proposition de répartition des horaires de parkings partagés :

Horaires parkings partagés		0H - 7H	7H - 12H	12H - 14H	14H -18H	18H - 0H
1. habitants	public					
	collectif					
	voirie					
2. clientèle commerces	public					
	collectif					
	voirie					
3. clientèle horeca	public					
	collectif					
	voirie					
4. clientèle bureaux	public					
	collectif					
	voirie					
4. occupants bureaux	public					
	collectif					
	voirie					
5. véhicules marchands	public					
	collectif					
	voirie					
6. commerçants	public					
	collectif					
	voirie					
7. clientèle commerces	public					?
	collectif					?
	voirie					?

5. Confort public au pied de la tour

5.1. Ensoleillement

Le diagramme ci-dessous montre la trajectoire du soleil autour du bâtiment. Il montre que les immeubles projeteront leur ombre du côté du parvis et de la place Saintelette.



Cette situation a pour avantage que les maisons familiales situées à proximité ne souffriront pas de l'effet d'ombrage. En revanche, l'espace public de type « parvis » prévu coté Saintelette sera dans l'ombre toute la journée, d'où l'intérêt de prévoir un espace public de type « place » du coté de la rue des Ateliers et de prévoir une accessibilité du projet de ce coté.



Image : Projection ombre en fin de journée

(Source image : *Projet de CBRE Investors, Jaspers-Eyers & partners, Lobjoy&Bouvier*)

5.2. Confort au vent. **A COMPLETER**

- 5.2.1. rapport « hauteur bâtiments / largeur de la rue » supérieur ou égal à 0,7 mais sans larges espaces ouverts.
- 5.2.2. Espacement entre bâtiments élevés au moins égal à 3 fois la dimension transversale des tours ($E > 3d$).
- 5.2.3. Rapport entre hauteur H du bâtiment élevé et la hauteur h des constructions du voisinage situé dans l'intervalle suivant : $1.6 \leq H/h \leq 2.5$
- 5.2.4. Pas de changements de hauteur abrupts (supérieurs de 100% à la hauteur de la zone précédente)
- 5.2.5. Progressivité du rapport H/h
- 5.2.6. Prévoir des éléments poreux (végétation, écrans perméables,...) sur l'ensemble de la zone afin de réduire les vitesses de vent au niveau piéton.

5.3. Confort visuel **A COMPLETER**

Le Confort visuel peut se mesurer en tenant compte des facteurs suivants et en respectant les différents coefficients :

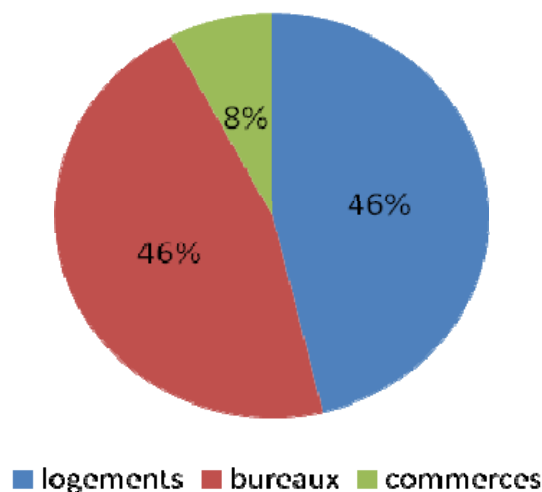
- 5.3.1. Facteur 'Vue du Ciel' au voisinage de la tour
- 5.3.2. Critère : $H/\text{largeur de l'espace} < 0.5$
- 5.3.3. Ombrages négatifs excessifs.
- 5.3.4. risques d'éblouissement générés par les réflexions spéculaires du rayonnement solaire direct sur des surfaces très réfléchissantes

6. Mixité

Le projet joue sur une double mixité, de fonction et de population.

6.1. Mixité fonctionnelle et accessibilité

Le diagramme ci-dessous montre l'équilibre de la répartition fonctionnelle, avec une proportion de logements égale à celle des bureaux (46%) et un socle correspondant à 8% des surfaces disponible pour du commerce, des équipements communautaires ou publics, ou des services aux logements).



La situation du marché des bureaux invite à formuler une hypothèse alternative à la formule 'commerces / bureaux / logements' qui serait une formule 'commerces / logements'.

Par ailleurs, plusieurs questions se posent néanmoins quant à la réalisation concrète du schéma, notamment :

- Comment sont gérées les circulations verticales? Par scission entre fonctions?
- Quel type de gestion/copropriété est envisagé ?

7. Densité bâtie et valorisation économique

7.1. Calcul du P/S des parcelles 1 et 2

Parcelle	Superficie terrain	Surfaces Logements	Surfaces Bureaux	Surfaces Commerces	Surfaces Totales H.S.	p /S
N°1	2.106 m ²	6.300 m ²	12.500 m ²	500 m ²	19.300 m ²	9,16
N°2	1.202 m ²	6.300 m ²	-	1.600 m ²	7.900 m ²	6,57
Totaux	3.308 m ²	12.600 m ²	12.500 m ²	2.100 m ²	27.200 m ²	8,22
N°3	2.529 m ²	n.c.	n.c.	n.c.	-	-

- NB :
1. les locaux techniques ne sont pas repris dans les surfaces.
 2. la superficie des parkings est estimée à 13.200 m² répartis sur 4 niveaux en sous-sol.

7.2 Imputation du prix du terrain

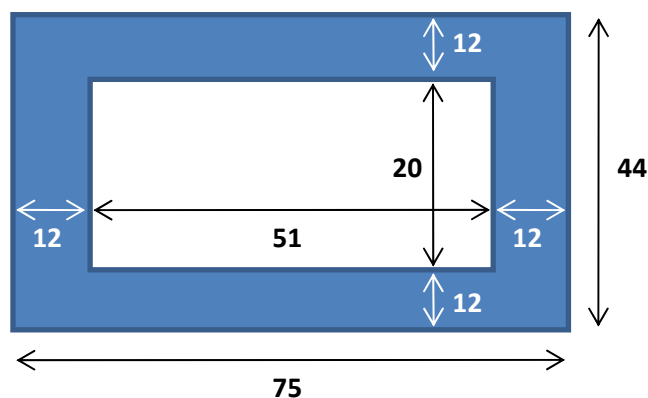
Pour permettre un raisonnement comparatif, nous avons analysé quatre hypothèses, en résonance avec les remarques formulées plus haut :

- Hypothèse A : projet
- Hypothèse B : forme urbaine projet et programme « tout logement »
- Hypothèse C : urbanisation en R+7
- Hypothèse D : urbanisation sans tour, mais surface totale identique

Hypothèses C et D

Le terrain (parcelle 1 + 2) fait approximativement 3.300 m² soit 44 x 75 m.

Hypothèse théorique de forme urbaine :



Si on urbanise cette surface en R+7 (hypothèse C) on obtient 2.280 m² par étage, soit 18.240 m² de surface hors-sol.

Pour retrouver la même surface que celle qui est prévue dans le projet (27.200 m²) (Hypothèse D), il faut passer en R+11.

Evolution de la valeur du terrain pour les 4 hypothèses

Récapitulatif données de base :

	Hypothèses A&B	Hypothèse C	Hypothèse D
Surface terrain	3.300 m ²	3.300 m ²	3.300 m ²
Surface hors-sol	27.200 m ²	18.240 m ²	27.360 m ²
Densité (P/S)	8,24	5,53	8,29

Postulats :

- Prix de vente logement (frais, taxes compris) variant de 2.255 €/m² à 2.500 €/m²
- Prix de vente bureaux (frais, taxes compris) légèrement supérieur à 3.000 €/m²
- Coût de construction de 1.100 €/m² en R+7 à 1.300 €/m² en R+27.

Estimation

	Hyp A & B / R+27	Hyp C / R+7	Hyp. D / R+11
Surface terrain	3.300 m ²	3.300 m ²	3.300 m ²
Surface hors-sol	27.200 m ²	18.240 m ²	27.360 m ²
Coût de construction	1.300 €/m ²	1.100 €/m ²	1.150 €/m ²
Prix de vente / m ²	2.500 €/m ²	2.255 €/m ²	2.255 €/m ²
Imputation terrain	155 €	285 €	200 €
Valeur terrain	4,21 millions	5,19 millions	5,47 millions

Bâtiment de logements R+27			€/m²
A. TERRAIN			
1	Achat terrain - imputation		155
2	Démolitions	inclus	
3	Parties communes	inclus	
4	Divers achats	inclus	
5	Voiries / abords	inclus	
6	Viabilisation / mobilité	inclus	
7	Préparation	inclus	
8	Indemnités (libération)	-	
9	Droits et frais de notaires (13,5%)	inclus	
10	Frais financiers (5% sur 24 mois) sur 1+9	inclus	
11	Taxes et impôts terrain	inclus	
12	Charges patrimoine/architecture	inclus	
	SOUS TOTAL		155
B. TRAVAUX			
1	Coûts de construction		1.300,00
2	Honoraires	15,00%	195
3	Hausse des coûts (indexation)	2,00%	40,18
4	Taxes, assurances & imprévus (sur 30 mois)	3,00%	112,13
5	TVA (sur 1-2-3)	21,00%	322,39
6	Frais financiers (5% sur 24 mois)	2,50%	98,48
	SOUS TOTAL		2.068,18
C. FRAIS de COMMERCIALISATION		20,00%	22
	20% du loyer de la 1ère année (15% agent + 5% brochure)		
D. COÛT du VIDE LOCATIF (+/- 3 mois)			27,5
	de 0 à 6 mois d'inoccupation progressive		
E. CHARGES URBANISME			0
SOUS TOTAL			2.272,68
F. MARGE RISQUE (peut varier dans le temps)		10,00%	227,27
G. TOTAL			2.499,94
	Loyer pour un rendement initial de :	6,50%	162,5
	Loyer pour un appartement PARCELLE 1	139 m²	1882,25
	Prix d'achat appartement PARCELLE 1	139 m²	347492

Bâtiment de bureaux R+27			€/m ²
A. TERRAIN			
1	Achat terrain - imputation		155
2	Démolitions	inclus	
3	Parties communes	inclus	
4	Divers achats	inclus	
5	Voiries / abords	inclus	
6	Viabilisation / mobilité	inclus	
7	Préparation	inclus	
8	Indemnités (libération)	-	
9	Droits et frais de notaires (13,5%)	inclus	
10	Frais financiers (5% sur 28 mois) sur 1+9	inclus	
11	Taxes et impôts terrain	inclus	
12	Charges patrimoine/architecture	inclus	
	SOUS TOTAL		155
B. TRAVAUX			
1	Coûts de construction		1.300,00
2	Honoraires	15,00%	195
3	Hausse des coûts (indexation)	2,00%	39,99
4	Taxes, assurances & imprévus (sur 28 mois)	3,00%	104,65
5	TVA (sur 1-2-3)	21,00%	322,35
6	Frais financiers (5% sur 28 mois)	2,50%	114,45
	SOUS TOTAL		2.076,44
C. FRAIS de COMMERCIALISATION		20,00%	33
	20% du loyer de la 1ère année (15% agent + 5% brochure)		
D. COÛT du VIDE LOCATIF (+/- 9 mois)			123,75
	de 6 à 12 mois d'inoccupation progressive		
E. CHARGES URBANISME			150
SOUS TOTAL			2.538,19
F. MARGE RISQUE		20,00%	507,64
G. TOTAL			3.045,83
	Loyer pour un rendement initial de :	6,50%	197,98
	Rendement initial pour un loyer de :	165 €/m ² /an	5,42%

HYPOTHESE C : Logements R+7			€/m²
A. TERRAIN			
1	Achat terrain - imputation		285
2	Démolitions	inclus	
3	Parties communes	inclus	
4	Divers achats	inclus	
5	Voiries / abords	inclus	
6	Viabilisation / mobilité	inclus	
7	Préparation	inclus	
8	Indemnités (libération)	-	
9	Droits et frais de notaires (13,5%)	inclus	
10	Frais financiers (5% sur 24 mois) sur 1+9	inclus	
11	Taxes et impôts terrain	inclus	
12	Charges patrimoine/architecture	inclus	
	SOUS TOTAL		285
B. TRAVAUX			
1	Coûts de construction		1.100,00
2	Honoraires	15,00%	165
3	Hausse des coûts (indexation)	2,00%	33,21
4	Taxes, assurances & imprévus (sur 20 mois)	3,00%	63,25
5	TVA (sur 1-2-3)	21,00%	272,62
6	Frais financiers (5% sur 24 mois)	2,50%	81,7
	SOUS TOTAL		1.715,78
C. FRAIS de COMMERCIALISATION		20,00%	22
	20% du loyer de la 1ère année (15% agent + 5% brochure)		
D. COÛT du VIDE LOCATIF (+/- 3 mois)			27,5
	de 0 à 6 mois d'inoccupation progressive		
E. CHARGES URBANISME			0
SOUS TOTAL			2.050,28
F. MARGE RISQUE (peut varier dans le temps)		10,00%	205,03
G. TOTAL			2.255,31
	Loyer pour un rendement initial de :	6,50%	146,6
	Loyer pour un appartement PARCELLE 1	139 m²	1698,06
	Prix d'achat appartement PARCELLE 1	139 m²	313488
	Loyer pour un appartement PARCELLE 2	105 m²	1282,71
	Prix d'achat appartement PARCELLE 2	105 m²	236808

HYPOTHESE D : logements R+11			€/m²
A. TERRAIN			
1	Achat terrain - imputation		200
2	Démolitions	inclus	
3	Parties communes	inclus	
4	Divers achats	inclus	
5	Voiries / abords	inclus	
6	Viabilisation / mobilité	inclus	
7	Préparation	inclus	
8	Indemnités (libération)	-	
9	Droits et frais de notaires (13,5%)	inclus	
10	Frais financiers (5% sur 24 mois) sur 1+9	inclus	
11	Taxes et impôts terrain	inclus	
12	Charges patrimoine/architecture	inclus	
	SOUS TOTAL		200
B. TRAVAUX			
1	Coûts de construction		1.150,00
2	Honoraires	15,00%	172,5
3	Hausse des coûts (indexation)	2,00%	34,88
4	Taxes, assurances & imprévus (sur 24 mois)	3,00%	72,74
5	TVA (sur 1-2-3)	21,00%	285,05
6	Frais financiers (5% sur 24 mois)	2,50%	85,76
	SOUS TOTAL		1.800,93
C. FRAIS de COMMERCIALISATION		20,00%	22
	20% du loyer de la 1ère année (15% agent + 5% brochure)		
D. COÛT du VIDE LOCATIF (+/- 3 mois)			27,5
	de 0 à 6 mois d'inoccupation progressive		
E. CHARGES URBANISME			0
SOUS TOTAL			2.050,43
F. MARGE RISQUE (peut varier dans le temps)		10,00%	205,04
G. TOTAL			2.255,47
	Loyer pour un rendement initial de :	6,50%	146,61
	Loyer pour un appartement PARCELLE 1	139 m²	1698,18
	Prix d'achat appartement PARCELLE 1	139 m²	313510
	Loyer pour un appartement PARCELLE 2	105 m²	1282,8
	Prix d'achat appartement PARCELLE 2	105 m²	236824

La part terrain, selon les hypothèses que nous avons développées concernant les prix de revient est toujours inférieure à 10% de ce prix.

Cela s'explique sans doute par la localisation du terrain.

Le prix du terrain (parcelle 1 et 2) peut être estimé entre 4,2 et 5,5 millions d'euros.

L'urbanisation en R+11 ne présente pas de réel avantage en termes de densité, elle a un impact relatif au niveau des coûts de construction et des prix de vente (logements).

Dans la variante « tout logement », l'impact de la construction en tours est perceptible sur les prix de vente mais n'est pas critique en termes de faisabilité du projet. Un développeur peut donc sans doute s'en accommoder. Il s'agit plutôt d'une question directement liée à la politique de la ville menée par les pouvoirs publics dans le sens où elle est liée à un choix stratégique et politique visant l'accessibilité aux logements proposés (prix de vente).

Une piste de solution pourrait être une répartition des prix de vente et du montant des charges en fonction de la hauteur de l'immeuble mais elle doit être nuancée car elle accentue les écarts entre les accessibilités potentielles et augmente sensiblement les prix des étages les plus élevés qui sont dès lors soumis à une demande que l'on peut qualifier de marginale.

7.3 Effet 'vue' / la différenciation des prix de vente des logements en immeubles tours



Les chiffres montrent que le fait de construire en hauteur n'a pas d'incidence significative sur la réduction des prix de revient, terrain compris. Qu'en est-il des prix de vente ?

Si on prend en compte un surcoût de 20% des charges de consommations communes, ainsi que des surcoûts potentiels de rénovation, ceux-ci vont-ils se refléter négativement sur le prix de vente (et les loyers) ou être compensés par d'autres postes ?

On peut prendre comme hypothèse que 5% des acheteurs d'appartements neufs sont prêts à habiter dans un immeuble-tour et que 20% de ceux-ci sont prêts à surpayer cette acquisition. Cela nous donne :

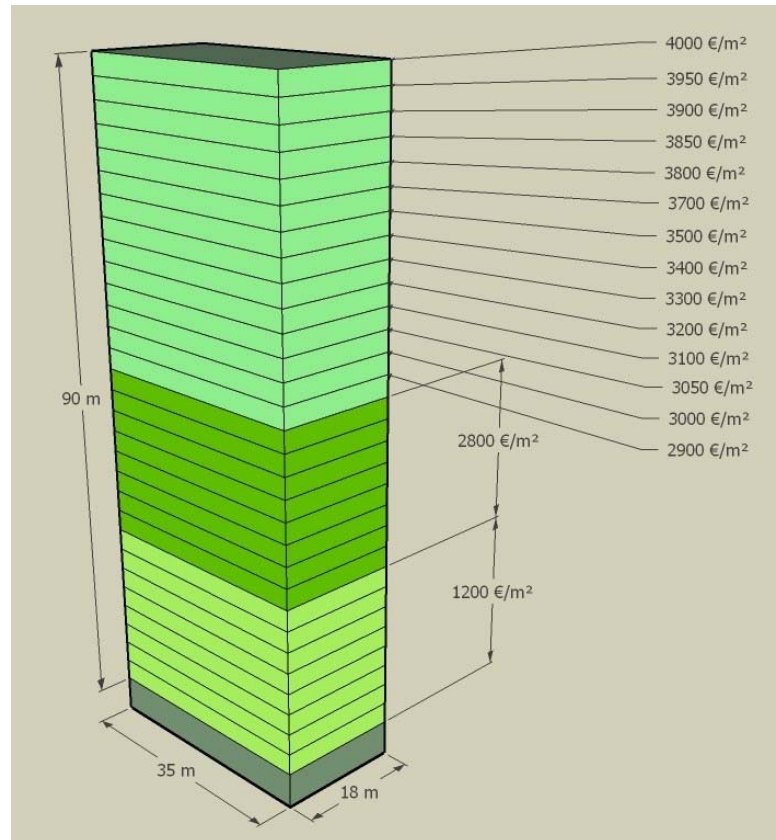
- Production annuelle de 2.500 appartements neufs en R.B.C x 5% en immeuble tour = 125 appartements en immeubles élevés
- 20% de 125 = 25 appartements dans les étages les plus élevés.

La durée de commercialisation d'un immeuble-tour pouvant se répartir sur 3 ans, cela correspondrait à 375 acquéreurs potentiels dont 75 pour les appartements les plus chers. Il faut vraisemblablement ajouter à cela une demande de rattrapage qui, faute de chiffres plus précis, pourrait être estimée à 3 ans.

Il faut cependant s'attendre à ce qu'en cas de dépression du marché les tours soient les plus atteintes.

7.4. Piste de réflexion : diversification des prix, dégagement de plus-values foncières éventuelles et affectation de celles-ci notamment en logements conventionnés

Le schéma ci-joint répartit un prix de vente moyen théorique de 2.800 € entre les différents étages et les compare avec la répartition de prix d'un immeuble moyen (R+7) au même prix/m².



La répartition des prix ne résout cependant pas l'inadéquation du niveau de charges des immeubles élevés aux revenus des occupants des logements moyens.

Cependant, l'art. 577/2/§9 du Code civil (modifié en 1994) prévoit que les charges communes sont réparties en fonction de la valeur de l'usage ou d'une répartition des deux à fixer par le règlement de copropriété. Une répartition de ces charges selon les prix (écarts de 1 à 3,3) serait sans doute trop radicale, même si l'on peut défendre que l'usage de nombreux équipements communs est proportionnel à la hauteur. Une pondération de 1 à 1,66 (75% à 125%) serait sans doute plus acceptable. Dans un projet de commercialisation, le promoteur a tout intérêt à garder les derniers étages libres le plus longtemps possible car ils lui permettent de laisser les logements les plus attractifs sur le plan de la qualité (vue) potentiellement louables (à n'importe quel prix ?).

Le raisonnement développé repose sur l'idée que l'intérêt économique de la tour ne dépend pas de l'optimisation des coûts fonciers mais sur l'augmentation d'une partie des prix de vente.

8 Flux générés par le projet

Trois situations sont abordées ;

- Hypothèse A : projet
- Hypothèse B : Tour de la parcelle 1 entièrement occupée par du logement ;
- Hypothèse D : Logement R+11 sur les 2 parcelles.

Les trois tableaux ci-dessous montrent les flux générés dans les trois cas :

Hypothèse A / Le projet	Parcelle 1		Parcelle 2		TOTAUX
	Bureaux	Logements	Logements		
			côté Charbonnage	Côté petite Senne	
Nombre d'étages	11	13	17	3	
Surface moyenne par étage de bureaux (m2)	1140	485	689 m²		
Nombre de logements		46	60		106
Surface brute moyenne par logement (m2)		139	105 m²		
Nombre d'occupants	750	184	240		1174
Emplacements de parking	126	46	60		232
Surfaces de parkings (30m2/emplacement)	3780	1380	1800		6960
Production de déchets (m3 / 7,5l/occupant/jour)	6	1	2		9
Surface de stockage déchets (unité : m2 / Critère : 2 jours de déchets / 3,4m2 par conteneur de 1m3)	38	9	12		60
Surfaces de locaux techniques 5% surf.brute totale)	500	310	310		1120
Hypothèse B Tour parcelle1 entièrement logement	Parcelle 1		Parcelle 2		
	Logements	Logements	Logements		
			côté Charbonnage	Côté petite Senne	
Nombre d'étages	11	13	17	3	
Surface moyenne par étage (m2)	1140	485	689 m²		
Nombre de logements	88	46	60		194
Surface brute moyenne par logement (m2)	139		105 m²		
Nombre d'occupants	352	184	240		776
Emplacements de parking	88	46	60		194
Surfaces de parkings (30m2/emplacement)	2640	1380	1800		5820
Production de déchets (m3 / 7,5l/occupant/jour)	3	1	2		6
Surface de stockage déchets (unité : m2 / Critère : 2 jours de déchets / 3,4m2 par conteneur de 1m3)	18	9	12		40
Surfaces de locaux techniques (5% surf.brute totale)	627	310	310		1247
Hypothèse C / Logement R+11	Parcelles 1 et 2				
Nombre d'étages	12				
Surface moyenne par étage (m2)	2280				
Surface brute moyenne par logement (m2)	139				
Nombre de logements	197				
Nombre d'occupants	787				
Emplacements de parking	197				
Surfaces de parkings (30m2/emplacement)	5905				
Production de déchets (m3 / 7,5l/occupant/jour)	3				
Surface de stockage déchets (unité : m2 / Critère : 2 jours de déchets / 3,4m2 par conteneur de 1m3)	18				
Surfaces de locaux techniques (5% surf.brute totale)	1368				

Le potentiel de résidents est de 424 personnes dans l'hypothèse A, auxquels il faut ajouter les 750 occupants des bureaux). Dans l'hypothèse B, il est de 776 personnes et de 787 personnes dans l'hypothèse C.

Les solutions A et B sont plus performantes en termes de densification.

La première solution est aussi plus gourmande en parkings (232 emplacements, contre 194 pour l'hypothèse B et 197 pour l'hypothèse C) .

La même observation peut être faite pour la production de déchets.

Conclusions

1. En terme de composition urbaine, il est justifié de ponctuer par un repère l'articulation entre le canal et l'axe 'Botanique /Basilique'.
2. la rupture d'alignement proposée dans le projet pour permettre à celui-ci de figurer totalement en zone d'accessibilité B affaiblit la figure du trident centrée sur le carrefour de la porte de l'Yser et formé par l'axe du boulevard Léopold II au centre, la rue ...au Sud et la rue ...au Nord.
3. La solution d'empiler des volumes différenciés par fonction exprime de manière littérale la mixité du programme, mais c'est une architecture qui ne parle que d'elle-même. Ne devrait-elle pas, au contraire, chercher les voies d'un dialogue formel avec les autres repères urbains par rapport auxquels la tour sera nécessairement mise en résonance perceptive du fait de sa hauteur ? L'étude d'une formule de couronnement de la tour apparaît, dans cette perspective, comme une nécessité d'un tel projet.
4. L'édification du bâtiment est associée à l'aménagement de la rue de la Petite Senne et du triangle que forme l'embouchure de celle-ci dans la rue des ateliers. Dans la perspective d'optimiser cet aménagement, nous faisons trois recommandations :
 - Regrouper les entrées/sorties de parking prévus sous les trois parcelles et les aménager sur le quai des charbonnages plutôt que sur la placette arrière.
 - La porosité et l'accessibilité au public des espaces ouverts prévus dans les socles des immeubles devrait être garantie par contrat entre l'autorité publique et le gestionnaire, dès l'octroi du permis d'urbanisme, sur le modèle des Privated Owned Public Spaces de New York (voir note 3)
 - La gestion des parkings devrait par ailleurs être mutualisée.
5. En ce qui concerne l'accessibilité, peut-être la perspective de voir ce site habité par plus de 1000 personnes, sachant par ailleurs la densification attendue sur le site de Tour & Taxis, justifierait d'étudier l'opportunité d'ouvrir la station de métro Saintelette située en-dessous du canal.
6. On peut penser que les besoins de parking liés aux activités envisageables dans le socle (commerces, ateliers, équipements ou services au logement) justifient le positionnement d'une partie du complexe en zone d'accessibilité B. Mais en ce qui concerne les bureaux, l'application de la norme 1 emplacement / 200m² de bureaux semble plus justifiée.
7. La situation du marché des bureaux invite à analyser une hypothèse 'commerces / logements' comme alternative à la formule 'commerces / bureaux / logements'. L'opération compterait dans ce cas 194 logements, dont 88 dans la tour implantée à front de place Saintelette.
8. Piste de réflexion : diversification des prix, dégagement de plus-values foncières éventuelles et affectation de celles-ci notamment en logements conventionnés

Ministère de la Région de Bruxelles-capitale



**Objectivation
des avantages et inconvénients
des immeubles élevés à Bruxelles**

2

**LA TOUR COMME
OBJET TECHNIQUE**

Responsable de la recherche
Bernard Declève, URBA-UCL

Equipe de recherche

Nathalie Boton, CERES-UCL
Michaël Durbecq, URBA-UCL
Philippe Gruloos, ISA St Luc, ARCH-UCL
Christian Lasserre, CLI
Philippe Boland, ARCH-UCL

Auteur du rapport sur la tour comme objet technique
Philippe Gruloos, ISA St Luc, ARCH-UCL

Avant-Propos

La note ci-après contribue à l'étude commandée à l'unité d'urbanisme de l'UCL par le ministère de la Région de Bruxelles-Capitale sur « la problématique des immeubles élevés (tours) de bureaux, de logements et mixtes en Région de Bruxelles-Capitale ».

La demande du ministère comporte deux grands volets:

- une objectivation des avantages et inconvénients des immeubles hauts selon divers points de vue (planification stratégique, urban design, architecture et techniques de construction, économie immobilière, droit de l'urbanisme, sociologie des usages et de la gestion) et en tenant compte des spécificités de la situation bruxelloise ;
- la définition de critères de localisation et d'analyse de projets urbains ou immobiliers comportant des immeubles hauts et la proposition de sites en Région bruxelloise éventuellement propices au développement de différentes catégories de projets.

Le rapport final de l'étude contient une note de synthèse et cinq notes thématiques:

1. Rapport de synthèse
2. La tour comme objet technique (62 p.)
3. Habitabilité de l'environnement des tours (37 p.)
4. La tour comme matériau de projet urbain
5. La tour comme objet d'économie immobilière
6. Outils de régulation juridique de la construction en hauteur

Une même démarche en quatre étapes a été suivie pour l'approche des cinq volets thématiques :
/1/Observation de cas / 2 / Recherche documentaire /3 / Identification de 'tendances' ou scénarios /
4 / Application au cas de la RBC et recommandation de critères.

Le raisonnement appliqué à Bruxelles s'inscrit dans un cadre de 10 objectifs régulateurs :

1. Promotion de l'habitat (la ville à vivre)
2. Création de logements abordables et diversifiés
3. Accessibilité des transports publics en dix minutes à pied et connexion sur des itinéraires de mobilité douce
4. Disponibilité de parcs et espaces verts en quantité suffisante
5. Préservation des ressources de l'environnement / recours aux techniques d'environnement durable
6. Une ville de 1 200 000 habitants ;
7. Imaginer les bureaux du futur
8. Favoriser l'Europe à Bruxelles
9. Optimiser les infrastructures
10. Développer l'emploi

Dans ce cadre d'objectif, l'application des critères issus des différentes notes fournit des éléments d'évaluation de la situation des tours à Bruxelles et du potentiel lié à un développement de grande hauteur dans deux scénarios de projet:

- reconstruction de la ville sur la ville (insertion de nouvelles tours dans le tissu existant, utilisation des tours comme matériau de restructuration des Z.I.R. et des zones leviers bruxelloises, recyclage des bâtiments hauts déjà existants)
- Extension urbaine.

Bernard Declève

Table des matières.

INTRODUCTION.	5
PREMIERE PARTIE - CRITERES TECHNIQUES DE CONCEPTION DE L'ESPACE DES TOURS.	7
1. La surface d'étage.	7
1.1. Terminologie.	
1.2. Observations.	
1.3. Analyses des références bibliographiques.	
1.4. Hypothèses retenues pour les simulations.	
2. La hauteur d'étage.	12
2.1. Terminologie	
2.2. Observations et analyse de la littérature.	
2.3. Hypothèses retenues pour les simulations.	
3. La structure portante.	16
3.1. Typologie des structures portantes.	
3.2. Des approches innovantes.	
4. Circulations et accès des personnes et des biens.	19
4.1. Emprise des accès piétons.	
4.2. Emprise à prévoir pour les parkings.	
4.3. Emprise des « locaux déchets ».	
4.4. Les circulations verticales.	
5. Production, stockage, transport et distribution des fluides et énergies.	27
5.1. Principes d'intégration des installations techniques dans un bâtiment.	
5.2. Observations.	
5.3. Influence du nombre d'étages sur l'organisation des installations.	
5.4. Emprise des installations de F&E dans un bâtiment.	
5.5. Simulation : Evolution de l'emprise des locaux techniques en fonction de la surface brute des étages et pour différents programmes et gabarits d'immeuble.	
5.6. Simulation : Emprise des surfaces techniques par étage.	
5.7. Simulation : Evolution de l'emprise globale des surfaces techniques par étage.	
5.8. Conclusions à propos des installations techniques.	
5.9. Conclusions à propos de l'emprise relative des surfaces techniques par étage.	
DEUXIEME PARTIE – APPROCHE ENERGETIQUE.	38
1. Estimation des puissances et des consommations en fonction du nombre d'étages.	38
1.1. Préambule.	
1.2. Estimation des puissances nettes par m ² .	
1.3. Estimation des débits d'eau sanitaire.	
1.4. Estimation des consommations annuelles nettes par m ² .	
1.5. Conclusions à propos des puissances et consommations.	
2. Critères de construction des tours écologiques et approches innovantes.	43
2.1. L'adaptabilité et la durabilité d'un bâtiment.	
2.2. Réduire la consommation d'énergie primaire non renouvelable.	
2.3. Une « approche intégrée ».	
2.4. La ventilation naturelle.	
2.5. L'éclairage naturel.	
2.6. Des approches innovantes.	
2.7. Associer des systèmes de production.	
UNE CONCLUSION.	61

Annexes.

1.	Bibliographie	64
2.	Sources des figures et photos	65
2.	Fiches de présentation des bâtiments de référence	

Index des tableaux.

Tableau 1	Liste des bâtiments constituant l'échantillon de référence.
Tableau 2	Répartition des surfaces dans les bâtiments de l'échantillon.
Tableau 3	Synthèse des hypothèses retenues pour les simulations.
Tableau 4	Variation des hauteurs dans les 20 bâtiments de l'échantillon.
Tableau 5	Evolution de la capacité d'occupation des bâtiments en fonction de la hauteur.

Index des schémas, plans, diagrammes et illustrations.

Figure 1	Deux modes de répartition des surfaces de services.
Figure 2	Trois types d'organisation des surfaces techniques par rapport aux surfaces utiles.
Figure 3	Hauteur d'étage, hauteur de niveau, hauteur technique.
Figure 4	Incidence du vent sur la consommation d'acier en fonction de la hauteur.
Figure 5	Types de structures portantes pour les bâtiments hauts.
Figure 6	Dispositions permettant de limiter l'effet du vent sur le bâtiment.
Figure 7	Evolution du nombre de places de parkings en fonction de la surface brute des étages, pour différents programmes et gabarits d'immeubles.
Figure 8	Emprise au sol des parkings d'un bâtiment de bureaux de Philips à Nijmegen (NL), arch. MECANOO.
Figure 9	Evolution de surfaces de locaux déchets en fonction de la surface brute des étages et pour différents programmes et gabarits d'immeubles.
Figure 10	Organisation des ascenseurs dans AON center.
Figure 11	Emprise de la trémie technique « ascenseur » dans le « Deutsche grundbesitz Management » à Frankfurt (DE).
Figure 12	Evolution de l'emprise des trémies de circulations verticales en fonction de la surface brute des étages et pour différents programmes et gabarits d'immeubles.
Figure 13	Exemple d'intégration des installations techniques dans des tours techniques, Banque de Hong Kong et Shanghai, (HK), Arch. N. FOSTER.
Figure 14	Exemple d'intégration des installations techniques dans des étages techniques, Banque de chine (HK), arch. I. PEI.
Figure 15	Synthèse des principes d'intégration des installations techniques en fonction de la hauteur du bâtiment.
Figure 16	Schéma de répartition des équipements techniques en plusieurs unités.
Figure 17	Evolution de l'emprise des locaux techniques en fonction de la surface brute des étages et pour différents programmes et gabarits d'immeubles.
Figure 18	Evolution de l'emprise des locaux sanitaires et domestiques en fonction de la surface brute des étages et pour différents programmes et gabarits d'immeubles.
Figure 19	Evolution de l'emprise des trémies de F&E en fonction de la surface brute des étages et pour différents programmes et gabarits d'immeubles.
Figure 20	Evolution de l'emprise surfaces techniques globales (y compris sanitaires et domestiques) en fonction de la surface brute des étages et pour différents programmes et gabarits d'immeubles.
Figure 21	Evolution de l'emprise surfaces techniques globales (moins sanitaires et domestiques) en fonction de la surface brute des étages et pour différents programmes et gabarits d'immeubles.
Figure 22	Evolution des puissances nettes par m^2 (W/m^2) de surface brute pour différents postes énergétiques et gabarits d'immeubles.
Figure 23	Prévision de l'évolution des débits probables (l/s) d'eau sanitaire en fonction de la surface brute des étages et pour différents programmes et gabarits d'immeubles.
Figure 24	Prévision de l'évolution des consommations annuelles d'énergies par m^2 de surface brute ($kWh/an/m^2$) pour différents programmes et gabarits d'immeubles.
Figure 25	Prévision de l'évolution des consommations quotidiennes d'eau ($m^3/jour$) pour différents programmes et gabarits d'immeubles.
Figure 26	Tendances d'évolution des prix de l'énergies.
Figure 27	Evolution de la consommation en énergie primaire dans les immeubles de bureaux.
Figure 28	Exemple d'application de l'approche énergétique intégrée, WTC (NYC-USA), Arch. N. FOSTER.

- Figure 29 Commerzbank, Frankfurt (DE), Arch. N. FOSTER.
- Figure 30 Ventilation naturelle via les atriums de la Commerzbank, Frankfurt (DE), Arch. N. FOSTER.
- Figure 31 Palais de justice d'Antwerpen (BE), Arch. R. ROGERS.
- Figure 32 Système de double fenêtre en façade et système de double peau.
- Figure 33 Exemple d'un système de double peau, Dusseldorf (DE), Arch. PETZINKA.
- Figure 34 Torre Agbar, Barcelone (ES), Arch. J. NOUVEL.
- Figure 35 Montévideo, Rotterdam (NL), Arch. MECANOO.
- Figure 36 Schéma de production de chaleur pour des logements sociaux à Westerlo (Antwerpen-BE).
- Figure 37 Schéma de principe d'une installation de co-génération.
- Figure 38 Schéma de principe d'une machine frigorifique à absorption.

Index des photos.

- Photos 1 et 2 Un dispositif original de répartition de charges pour le « 30, st Mary Axe », Londres (GB), arch. N. FOSTER.
- Photo 3 Exemple de système double peau, « Porte de ville », Düsseldorf (DE), Arch PETZINKA.
- Photo4 Torre Agbar, Barcelone (ES), Arch. J. NOUVEL.
- Photos 5 et 6 Montévideo, Rotterdam (NL), Arch. MECANOO.

Introduction.

Cette note pose la question de la construction en hauteur du point de vue de la technique du bâtiment. Nous nous sommes posés trois types de questions :

Pour comprendre ce que cela impliquait techniquement d'empiler les étages pour construire un bâtiment haut, nous avons fait un état de la question par rapport à un certains nombres de variables :

- Les types de surfaces d'étages;
- Les types de hauteurs d'étages ;
- Les structures les plus adaptées ou utilisées afin d'en assurer la stabilité ;
- Les accès des personnes et véhicules et la manière d'y circuler ;
- La production des déchets et la manière de les stocker;
- Les manières d'y traiter, recevoir, évacuer et transférer des fluides et énergies ;
- Les puissances de chauffage, de refroidissement, électriques ;
- Les consommations d'énergies et de fluides qui y sont générées et les manières de recourir aux ressources présentes dans l'environnement afin d'en réduire l'importance...

Dans un deuxième temps, nous nous sommes posé la question de l'incidence du nombre d'étages sur les charges d'utilisation et l'énergie. Nous avons aussi fait un point sur les conditions de contributions de la tour au développement durable.

L'ensemble de la démarche s'est appuyé sur l'analyse d'un corpus de 20 bâtiments dont on trouvera la liste des bâtiments repris dans l'échantillon dans le tableau 1 ci- dessous. Une présentation de chaque bâtiment est reprise en annexe du dossier.

La démarche s'appuie également sur l'étude de la bibliographie technique.

Pour faire l'état de la question technique, nous avons également eu recours à des simulations visant à évaluer l'incidence du nombre d'étages sur les différentes variables

analysées. Ces simulations ont été réalisées en référence à deux types d'affectation du bâtiment : bureaux et logements. Chaque type d'affectation se détermine par :

- Les systèmes d'activités (logement, bureaux) organisés sur l'étage ;
- Le mode d'occupation de l'étage (par un ou plusieurs ensemble d'occupants,...) ;
- La densité d'occupation de l'étage (nombre de personnes, surface cloisonnée ou en paysager...) , généralement caractérisé par un ratio d'occupation
- Et le niveau de flexibilité ou de mixité envisagé.

Toutefois, lorsqu'il s'agit de promotion, si le type d'activité est défini, les exigences de l'occupant sont généralement inconnues ou supposées au moment de la conception du bâtiment. Les concepteurs (architectes, ingénieurs...) doivent alors préciser les choses dans un cadre large. Le principe de la simulation s'applique donc.

Ces simulations furent réalisées en fixant un ensemble d'hypothèses quant à la hauteur des étages, leurs surfaces, formes et nombre d'occupants. D'autres se réfèrent aux diverses réglementations, normes ou usages. Des questions quant à la relation des occupants avec l'extérieur et plus spécialement avec le sol demeurent. Etant du ressort de la sociologie et psychologie, elles ne sont pas traitées dans cette partie.

Tableau 1
Liste des bâtiments constituant l'échantillon de référence.

Bâtiments étrangers	Lieu	Architecte	Affectation	Date d'affectation	Hauteur (m)
Woerman Plaza	Las Palmas (ES)	Abalos&Herreros	Logement	2005	72
RWE	Essen (DE)	Ingenhoven	Bureaux	1997	127
Torre Agbar	Barcelone (ES)	Nouvel	Bureaux	2005	142
Uptown	Munich (DE)	Ingenhoven	Bureau	2005	146
Montevideo	Rotterdam (NL)	Mecanoo	Logement & bureau	2005	152
Hong-Kong & Shanghai bank	Hong-Kong (..)	Foster	Bureaux	1986	180
30, St Mary axe – Swiss Re	Londres (UK)	Foster	Bureaux	2003	180
Hearts	NYC (US)	Foster	Bureaux	2006	182
Turning Torsa	Mamö (S)	Calatrava	Logements & bureaux	2005	190
New York times	NYC (US)	Piano	Bureaux	2007	250
Commerzbank	Frankfort (DE)	Foster	Bureaux	1997	260
WTC	NYC (US)	-	Bureaux	1973	410
International finance centre Two	Hong Kong	Pelli	Bureaux	2003	415
Sears	Chicago (US)	SOM	Bureaux	1974	442

Bâtiments bruxellois	Architecte	Affectation	Date d'affectation	Hauteur (m)
Brussimmo	Samyn	Bureaux	1993	±30
Royale –berlaymont	Architectes associés	Logements & bureaux	2004	±35
BBL - ING Marnix	SOM Samyn	Bureaux	1963 & 1993	±33
Belliard	Art&Build	Bureau	1980	±28
Berlaymont	Berlaymont 2000	Bureau		±50
Dexia tower	Jaspers & Samyn	Bureaux	2007	

PREMIERE PARTIE

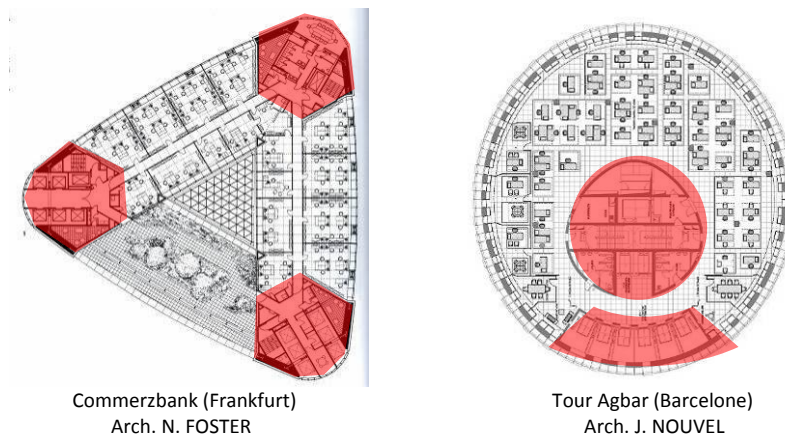
CRITERES TECHNIQUES DE CONCEPTION DE L'ESPACE DES TOURS.

1. La surface d'étage.

Dans un bâtiment, seule une partie des surfaces est utilisée directement par le programme de bureaux, logements ou autres activités. Les autres parties rassemblent les différents dispositifs de service de l'immeuble : locaux sanitaires et domestiques, trémies de circulation (ascenseurs et escaliers), trémies de F&E (y compris les divers locaux de connexions). Comme le montrent les deux figures ci-contre, la question de leurs emprises dans la surface d'étage est sensible.

Figure 1

Deux modes de répartition des surfaces de services.



1.1. Terminologie.

Dans les bâtiments de bureaux :

- La « surface brute » d'un étage est la surface délimitée par les faces intérieures des parois extérieures de l'étage (intra-muros). Elle comprend la « surface utile » et la « surface technique ».
- La « surface utile » d'un étage comprend notamment les « surfaces de travail », « de réunions » et « de circulation d'étage ». C'est la « surface brute » de l'étage moins la « surface technique ».
- Les « surfaces techniques et de services » sont occupées par des éléments porteurs, des parois, des locaux sanitaires, les trémies et locaux techniques, les trémies de circulations des ascenseurs et leurs dégagements d'étages.
- La « surface de travail » est l'espace attribué à un travailleur.

Pour les logements, on distingue généralement :

- La « surface utile » de l'étage, qui comprend les « surfaces des logements », en ce compris les locaux sanitaires et domestiques et les « surfaces techniques des logements » qui leur sont généralement accolées.

- La « surface technique commune », qui comprend les espaces d'accès aux logements et les surfaces affectées à deux types de trémies : trémies de circulation (ascenseurs et escaliers) et trémies de F&E » (générales - Incendie, électricité...).

1.2. Observations.

Le tableau 2 ci-après montre comment les surfaces sont réparties dans les bâtiments de l'échantillon de référence :

Tableau 2
Répartition des surfaces dans les bâtiments de l'échantillon
(Le classement des bâtiments est réalisé en fonction de leur hauteur).

Bâtiments analysés	Affectation	Surface brute d'étage (Sb) (m ²)	Surface technique (St) (m ²)	St/Sb (%)	Surface utile (Su) (m ²)	Su/Sb (%)
Woerman Plaza	Logement	± 570	± 95 (1)	± 17	± 475	± 83
RWE	Bureaux	± 852	± 162	± 19,2	± 690	± 80,8
Torre Agbar	Bureaux	± 870	± 260	± 30	± 610	± 70
Uptown	Bureau	± 1 300	± 345	± 26,5	± 955	± 73,5
Montevideo	Logements & bureaux	± 785	± 110 (1)	± 14,3	± 675	± 85,7
Hong-Kong & Shanghai bank	Bureaux	± 2 800	± 580	± 21	± 2 220	± 79
30, St Mary axe – Swiss Re	Bureaux	± 2 380	± 470	± 19,8	± 1 910	± 80,2
Hearts	Bureaux	± 1 940	± 350	± 18,1	± 1 590	± 81,9
Turning Torsa	Logements & bureaux	± 480	± 90 (1)	± 18,4	± 390	± 81,6
New York times	Bureaux	± 2 450	± 570	± 23,1	± 1 880	± 76,9
Commerzbank	Bureaux	± 2 160	± 650	± 30	± 1 510	± 70
WTC	Bureaux	± 3 900	± 1 100	± 28,2	± 2 800	± 71,8
International finance centre Two	Bureaux	± 2 700	± 785	± 29	± 1 915	± 71
Sears	Bureaux	± 4 600	± 1 200	± 26	± 3 400	± 74

(1) = Sans locaux sanitaires et domestiques.

L'analyse du tableau permet de faire les observations suivantes :

1.2.1. Surfaces brutes.

- Les surfaces brutes des étages courants des 14 bâtiments varient de ± 480 m² (Turning Torsa à Malmö) à ± 4 600 m² (Sears à Chicago).
- Pour les logements, elles varient de 480 m² à 790 m² (Montevideo à Rotterdam), les dimensions des étages étant de ± 32m par 22m pour Turning Torsa et de 28m par 28m pour Montevideo.
- Pour les bureaux, la variation est de 850 m² (RWE à Essen) à ± 4 600 m² (Sears à Chicago), sachant que la surface d'étage est un cercle de ± 32m de diamètre dans le cas de RWE et un carré de ± 62m de côté dans le cas de Sears.

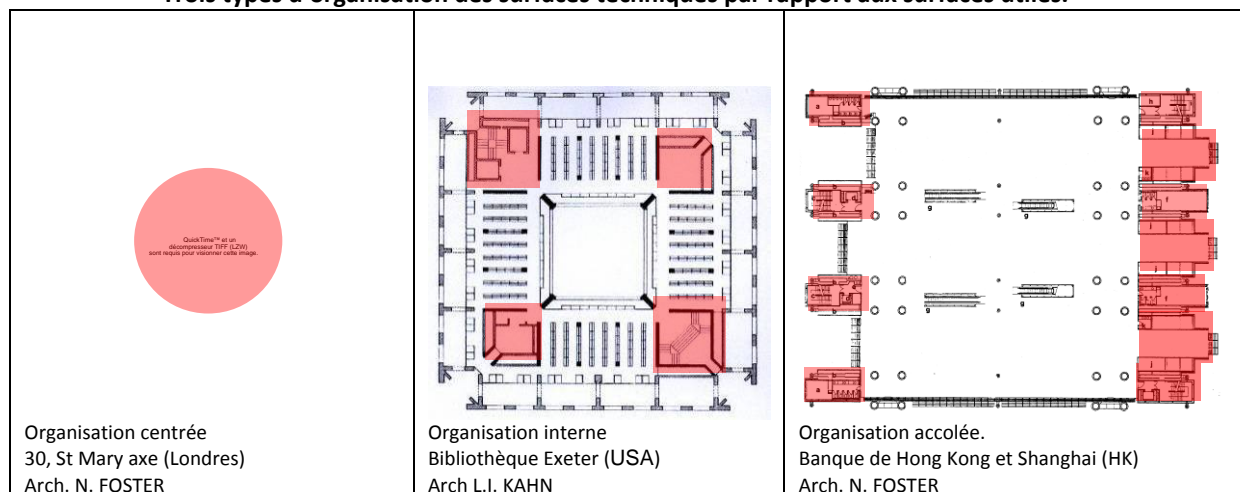
1.2.2. Surfaces techniques.

- Dans les bureaux, elles occupent 18 à 30% de la surface brute.
- Dans les logements, les « surfaces techniques communes » varient de 14 à 18%.
- La proportion de « surfaces techniques / surfaces brutes » est fonction de la hauteur du bâtiment et d'une relation « d'éclatement » entre la hauteur et les dimensions d'étage. On voit par exemple que dans le bâtiment « Torre Agbar » (hauteur $\pm 146\text{m}$) le rapport est de $\pm 30\%$, ce qui est équivalent à celle du « Commerzbank » dont la hauteur est pourtant de 260m. Les simulations tenteront de montrer l'évolution des « surfaces techniques » par rapport aux « surfaces brutes » en fonction du nombre d'étages desservis et de la surface de ces étages.

L'analyse des plans des 14 bâtiments font émerger les trois types d'organisations des « surfaces techniques » par rapport aux « surfaces utiles » (Fig.2):

Figure 2

Trois types d'organisation des surfaces techniques par rapport aux surfaces utiles.



On observe que les organisations internes centrées et non centrées sont applicables dans tout type d'affectation mais que les organisations accolées ne s'observent pas dans les logements.

1.3. Analyses des références bibliographiques.

1.3.1. Critères de définition de l'espace de travail dans les bureaux.

Chaque entreprise a ses structures organisationnelles. Elles influencent les besoins d'espaces, de confort (ventilation, température, humidité, lumière...), fonctionnels (bureautique, informatique...), relationnels (circulation..) et sécuritaire (incendie, évacuation...). Ces besoins d'espaces sont assez variables. L'examen des normes confirme la diversité des évaluations.

Certaines références indiquent des « surfaces de travail » de $\pm 7 \text{ m}^2$ /personne. D'autres, notamment l'Union européenne (UE) demandent des espaces cloisonnés de $\pm 13 \text{ m}^2$ (2,4 x 5,4m), auxquels s'ajoutent les surfaces de circulations et celles des éventuels locaux de

réunions. La normalisation des ascenseurs¹ ou l'AR² concernant la prévention incendie préconise 10 m²/personne pour déterminer le niveau d'occupation des étages. Cette surface correspond à un espace de travail augmenté des espaces de circulation secondaires de l'étage³.

On peut tirer de cet examen les conclusions suivantes :

- La « surface brute » d'un étage de bureaux est à répartir en fonction des occupants⁴.
- A la « surface de travail » s'ajoutent les surfaces occupées par les espaces communs, de réunions et de circulation d'étages pour atteindre en moyenne une « surface utile » de ± 14 m²/personne.
- En ajoutant à celle-ci les « surfaces techniques », on obtient une « surface brute » de ± 20 m²/pers.
- La « surface technique » occupe $\pm 30\%$ de la surface brute d'un étage et la « surface utile » en occupe $\pm 70\%$.
- Tenant compte de ce ratio, pour une « superficie d'étage » de 1 500 m² ($\pm 38,7 \times 38,7$ m), nous pourrions allouer ± 450 m² aux « surfaces techniques ». Le restant $\pm 1 050$ m² est affecté à la « surface utile ». 75 personnes occuperaient cet étage.

1.3.2. Nous avons ensuite cherché quels critères les normes prenaient en compte pour définir un logement et sa surface. Il y en a généralement quatre: le nombre d'occupants, les locaux constituant l'unité de logement (nombre de chambres, séjours, nombre de salle de bains, de douche, WC, cuisine, buanderie...), le degré de finition et la catégorie de confort (moyen, « standing »...).

Certaines sources proposent des valeurs minimales pour des logements, soit uniquement en fonction du nombre de chambres, soit en tenant également compte du nombre d'occupants⁵. Le document « instructions PO84 » précise les types de locaux et leurs surfaces⁶. Généralement, « la surface d'un logement » est celle prise entre les faces intérieures des « murs extérieurs ». Elle ne comprend donc pas les circulations extérieures (communs, escaliers, ascenseurs) au logement.

On peut retenir qu'en moyenne la « surface brute » d'un étage de logements se répartit à raison de $\pm 85\%$ pour la « surface des logements » et de $\pm 15\%$ de « surface technique commune »⁷.

1 NBN E 52-019 : Ascenseurs-capacité de transport-calcul du nombre d'ascenseurs et de leurs caractéristiques pour une « pointe montée ».

2 AR du 7 juillet 1994 modifié par celui du 30 Décembre 1997 et suivants.... » fixant les normes de base en matière de prévention d'incendie et d'explosion auxquelles les bâtiments nouveaux doivent satisfaire ».

3 in Architect's journal, 18 novembre 1987, « Interbuild preview : Using spaces », pp 84 à 91.

4 Les surfaces citées se réfèrent notamment : Rules of thumb UK/France, TN 18/95, BSRIA, Old Bracknell, 1995, p 5 ; Quality – Interbuild preview special issue, in architects journal du 18 novembre 1987, p 84 et 85.

5 Notamment, le document « Instructions PO84 », SNL. Il propose pour un logement d'1 chambre pour 2 personnes une surface de 62 m², de 2 chambres pour 4 personnes une surface de 86 m², de 3 chambres pour 6 personnes de ± 120 m² et pour 4 chambres ± 150 m². Le document de Ratios de Spon » (UK) propose pour un logement d'une chambre ± 45 m², pour 2 chambres ± 65 m², pour 3 chambres ± 90 m² et pour 4 chambres ± 100 m². La variation est importante entre nos « standards » belges et britanniques.

6 Un séjour de 20 à 28 m² ; les chambres de 9 m² (1 personne) à 14 m² (2 personnes).

7 Les ratios sont cités notamment par Walter KEYNER et Marcel VAN ROSMALEN, in « Bouwkosten Management », Berenschot Osborne, Elsevier, Doetinchem, 2001.

1.4. Hypothèses retenues pour les simulations.

Pour évaluer l'impact de la hauteur d'un bâtiment sur l'importance de la surface technique, des trémies de circulation et de F&E, nous avons, au vu de ce qui précède, retenu les hypothèses suivantes:

Pour les bureaux :

- On prend en compte une surface utile de 14m²/personne. Cela correspond à un espace de travail de 7m²/personne.
- Les locaux sanitaires sont déterminés sur base d'un WC pour 15 femmes ou 25 hommes. Un lavabo est prévu par appareil sanitaire. Un urinoir est prévu pour 15 hommes.
- La surface utile représente 70% de la surface brute ; la surface technique « supposée » fait 30%.

Pour les logements :

- 4 à 8 logements de 2 ou 3 chambres s'organisent sur un même étage.
- Les 2 chambres ont une surface de 100 m² et les 3 chambres ont 120 m².
- Chaque logement comprend un séjour, un nombre de chambres pour 2 personnes ($A \leq 20 \text{ m}^2$), une salle de bains (1 bain avec 2 lavabos), une salle de douche (1 douche avec 1 lavabo), 2 WC dont 1 avec lave-mains et une cuisine.
- La surface utile vaut 85% de la surface brute ; la surface technique commune de 15%.

Pour les surfaces brutes d'étages :

- Celles des bâtiments de bureaux varieront entre 500 et 2 000 m².
- Celles des logements varieront de 500 à 1 000 m².

Dans le tableau ci-dessous, ces hypothèses sont appliquées à deux types de formes : carrée et rectangulaire.

Tableau 3
Synthèse des hypothèses retenues pour les simulations.

Surface brute de l'étage (m ²)	500	1 000	1 280	1 500	2 000
Longueur et profondeur d'un étage « carré »	22,4 m	31,6 m	35,8 m	38,7 m	44,7 m
Périmètre « carré »	± 90m	± 126m	± 143m	± 155m	± 179m
Longueur et profondeur d'un étage « rectangulaire »	19,2 ⁸ x 26	19,2 x 52,1	19,2 x 66,7	19,2 x 78,1	19,2 x 104,2
Périmètre « rectangulaire »	± 90m	± 142m	± 172m	± 195m	± 247m

BUREAUX

Surface utile de bureaux admise par étage (m ²)	350	700	896	1 050	1 400
Nombre d'occupants par étage (bureaux)	25	50	64	75	100
Nombre de sanitaires (par genre)	1	2	3	3	4

LOGEMENTS

Surface utile de logements (m ²)	420	840			
Nombre de logements par étage	2 logements à 2 chambres (180m ²) et 2 logements à 3 chambres (240m ²)	4 logements à 2 chambres (360m ²) et 4 logements à 3 chambres (480m ²)			
Nombre estimé d'habitants par étage	20	40			

8 Cette profondeur se justifie par la profondeur de 2 bureaux cloisonnés de 5,4m chacun séparé par deux espaces de circulation de ± 1,8m et d'un espace de réunion d'une largeur pouvant varier de 3,6m à 5,4m. Cette profondeur de bâtiments pourrait se réduire à 18m.

2. La hauteur d'étage.

La hauteur d'un bâtiment est définie par le nombre d'étages. Ces étages sont pour la plupart des étages « d'activités » (bureaux, logements, hôtel...) et occasionnellement des étages « techniques ». Un bâtiment d'une hauteur supérieure à 50m comporte en général ± 14 étages de bureau ou 16 étages de logements. Ce nombre varie cependant en fonction de la hauteur des étages « d'activités » et des étages « techniques ».

2.1. Terminologie.

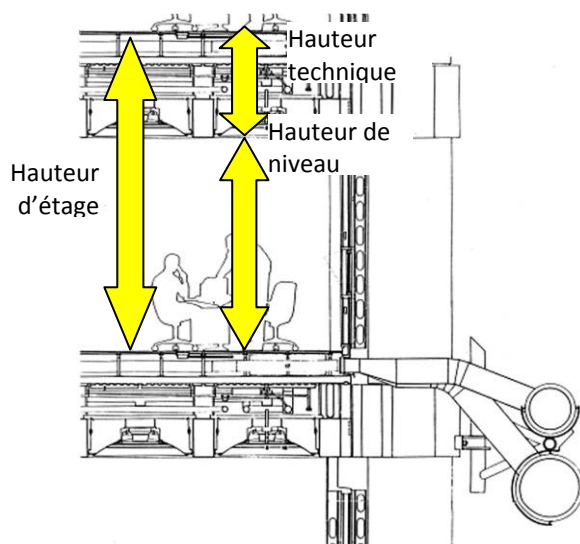


Figure 3

Hauteur d'étage, hauteur de niveau,
hauteur technique.

L'analyse de la coupe ci-contre conduit à distinguer trois types de hauteurs.

La « hauteur d'étage » est la distance entre les planchers de deux étages contigus. Elle comprend la « hauteur de niveau » et la « hauteur technique ».

La « hauteur de niveau » correspond à celle des espaces au sein desquels les personnes exercent leurs activités et circulent.

La « hauteur technique » est la hauteur de la cavité située entre deux étages et au sein de laquelle sont organisés les éléments porteurs et les installations techniques.

2.2. Observations et analyse de la littérature.

Le tableau 4 ci-dessous montre comment ces différentes hauteurs varient dans les 14 bâtiments et les 6 bâtiments bruxellois analysés :

2.2.1. Variation des « hauteurs de niveau ».

La hauteur de niveau varie entre 2,6m et 3,3m (en moyenne 2,8m) dans les exemples étrangers de bureaux tandis qu'en Région bruxelloise, elle se situe entre 2,5m et 2,7m (en moyenne 2,6m).

Cette variation s'explique en partie par le type d'occupation des étages de bureaux. Un niveau divisé en bureaux cloisonnés se satisfait d'une hauteur de niveau plus faible qu'un niveau organisé en « paysager ». Dans l'article « *Development economics – Offices – 9. Initial cost estimating* »⁹, une hauteur de niveau minimale de 2,6m est recommandée.

Dans les logements, la hauteur de niveau varie généralement entre 2,6 et 2,8m (avec une moyenne de 2,7m, qui sera la valeur retenue pour les simulations).

⁹ Architect's journal, 14 mai 1986, pp 61 à 69.

Tableau 4
Variation des hauteurs dans les 20 bâtiments de l'échantillon.

Bâtiments étrangers	Affectation	Hauteur d'étage (He) (m)	Hauteur technique (Ht) (m)	Hauteur niveau (Hn) (m)
Woerman Plaza	Logement	3,6	0,36	3,24
RWE	Bureaux	4	1,1	2,9
Torre Agbar	Bureaux	3,7	0,6 à 1	2,7 à 3,1
Uptown	Bureau	3,72	0,72	3
Montevideo	Logement & bureaux	2,9 à 3,45		
Hong-Kong & Shanghai bank	Bureaux	4,05	1,15 à 1,45	2,6 à 2,9
30, St Mary axe – Swiss Re	Bureaux	4,15	1,4	2,75
Hearts	Bureaux	4,1	1,2	2,9
Turning Torsa	Logements & bureaux			
New York times	Bureaux	4,2	1,25	2,95
Commerzbank	Bureaux	3,75	1	2,75
International finance centre Two	Bureaux	4,2 à 4,7	0,9 à 1,5	2,7 à 3,3
Sears	Bureaux			
WTC	Bureaux	3,8		
Bâtiments bruxellois				
Brussimmo	Bureaux	3,54	0,94	2,6
Royale –Brialemont	Logements & bureaux	3,5	0,83	2,67
BBL - ING Marnix	Bureaux	3,32	0,82	2,5
Belliard	Bureaux	3,1	0,5	2,6
Berlaymont	Bureaux	3,3	2,59	0,71
Dexia tower	Bureaux			

2.2.2. Variation des « hauteurs d'étage».

Elles varient dans les exemples étrangers de bureaux entre 3,7m et 4,2 m (en moyenne 4m) et en Région bruxelloise entre 3,1m et 3,6 m (en moyenne 3,4m).

Dans l'article « *Development economics–Offices – 9. Initial cost estimating* »¹⁰, une hauteur d'étage minimale de 3,3m est demandée pour des bureaux « chauffés ». Elle augmente à 3,6 m, voire 3,8m en Grande-Bretagne¹¹ pour des bureaux climatisés.

2.2.3. Variation des « hauteurs techniques».

Elles varient dans les exemples étrangers de bureaux entre 0,72m à 1,4 m (en moyenne 1,12m). Une brève analyse des normes indique en outre que :

- Pour les installations techniques, il faut disposer de 60cm pour autant que la distance des

¹⁰ Architect's journal, 14 mai 1986, pp 61 à 69.

¹¹ Le document de Ratios de Spon » (UK).

appareils desservis aux trémies se limite à 20m¹².

- Une hauteur minimale de faux-plancher de $\pm 15\text{cm}$ ¹³ sera prévue pour y situer les divers câblages électriques. Elle sera augmentée en fonction des besoins d'autres types d'installations (conduits de chauffage, d'eau glacée, de ventilation...). Elle peut alors atteindre des hauteurs de $\pm 50\text{cm}$.
- A la partie supérieure d'un espace une hauteur doit se prévoir pour y situer des appareils d'éclairage, des détecteurs et...
- La hauteur nécessaire pour un plancher porteur variera en fonction des charges, des portées à franchir et du système porteur adopté (dalle épaisse, dalle avec poutres...). Cette hauteur peut varier de 20 à 30cm.
- Une hauteur de coordination entre les éléments porteurs et ceux des installations techniques est également à retenir.

Pour les logements,

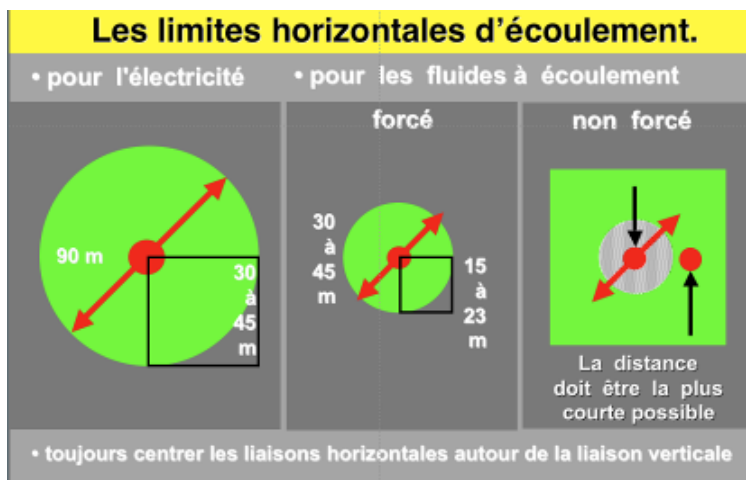
- Une hauteur minimale de 15cm sera prévue pour y situer les conduits d'installations techniques, l'isolation acoustique et les éléments de parachèvement. La hauteur minimale pour les installations est de 10 cm. Cette hauteur suffit pour y localiser les liaisons horizontales (principalement électriques, de chauffage, d'alimentation des eaux) pour autant que les salles de bains et douches, WC et cuisines se situent à proximité immédiate des trémies afin d'éviter l'impact des conduits d'évacuation d'eau sur la « hauteur technique ». De plus, une hauteur de $\pm 15\text{cm}$ sera prévue à la partie supérieure des espaces sanitaires, domestiques et couloirs pour y situer les conduits de ventilation. Hauteur qui peut conduire à une augmentation de la « hauteur d'étage » à 2,75m.
- La hauteur nécessaire pour un plancher porteur variera en fonction des charges à porter, des portées à franchir et du système porteur adopté (dalle épaisse, dalle avec poutres...). Cette hauteur peut varier de 15 à 25cm. La hauteur des poutres étant en plus.

2.3. Hypothèses retenues pour les simulations.

- On retient pour les bureaux une hauteur de niveau moyenne de 2,6m. Cette hauteur permet des bureaux paysagers. On y ajoute une hauteur technique de 1m pour atteindre une hauteur d'étage de 3,6m.

12 Cette dimension est préconisée dans « Advanced Building Systems », p 284. Dans l'article « Development economics – Offices – 7. Fund's criteria » et « 8. Architect's standards » (Architect's Journal du 7 mai 1986, pp 47 à 50) une hauteur minimale pour les faux planchers de 15cm est demandée qui peut atteindre 50cm si de l'air s'y organise. La hauteur de faux-plafond varie de 30 à 45cm.

Cette distance est d'usage pour les fluides sous pression (air, eau...). Elle augmente à 45m pour les distributions « électrique » et se limite à la distance la plus courte possible entre une trémie et un appareil pour les fluides dont le mouvement n'est pas forcé (évacuation des eaux, d'air...). Le schéma est de Ph. GRULOOS.



13 Cette dimension est citée dans l'article « Development economics – Offices – 8. Architect's standards » in Architects journal de 7 mai 1986. Elle est minimale. Elle apparaît toujours dans des ouvrages plus récents comme celui de Klaus DANIELS, « Advanced Building Systems », p.284.

- Pour les logements, on retient une hauteur de niveau moyenne de 2,6m. Cette hauteur peut se réduire dans les espaces sanitaires, cuisines et buanderies pour y situer les éventuels conduits de ventilation (pulsion d'air) vers les séjours, chambres et bureaux. A celle-ci s'ajoute une hauteur technique qui se limitera à 40cm pour atteindre une hauteur d'étage de 3m.
- Une coordination des hauteurs d'étage de bureaux et de logements surgit lorsque l'occupation des niveaux peut varier dans le temps entre ces deux types d'occupation. La tendance serait de prendre la plus grande hauteur. En adoptant une situation « dispersée » des trémies dans les bureaux comme celles adoptées dans les logements en fonction de la situation des sanitaires, cuisines et buanderies, la hauteur technique pourrait diminuer en limitant la distance entre les appareils desservis et les conduits verticaux.
- Le tableau 5 ci-dessous intègre les hypothèses retenues pour des bâtiments de 14 à 56 niveaux de bureaux et de 16 à 64 niveaux de logements. On a retenu comme principe d'intégration des locaux techniques qu'il y a autant d'étages techniques « intermédiaires » qu'il y a d'ensembles de 14 étages de bureaux (ou 16 étages de logements) moins 1. Ce principe est évalué plus loin dans le texte (voir fig. 16)

Tableau 5
Évolution de la capacité d'occupation des bâtiments en fonction de la hauteur.

	Nombre de niveaux au-dessus du rez	Hauteur du bâtiment (m)	Surface brute des étages (m ²)				
			500	1000	1280	1500	2000
Bureaux	14 niveaux	54	A tot = 7 000 Pers = 350	A tot = 14 000 Pers = 700	A tot = 17 920 Pers = 896	A tot = 21 000 Pers = 1 050	A tot = 28 000 Pers = 1 400
	28 niveaux + 2 techniques	111,6	A tot = 14 000 Pers = 700	A tot = 28 000 Pers = 1 400	A tot = 35 840 Pers = 1 792	A tot = 42 000 Pers = 2 100	A tot = 56 000 Pers = 2 800
	42 niveaux + 4 techniques	169,2	A tot = 21 000 Pers = 1 050	A tot = 42 000 Pers = 2 100	A tot = 53 760 Pers = 2 688	A tot = 63 000 Pers = 3 150	A tot = 84 000 Pers = 4 200
	56 niveaux + 6 techniques	226,8	A tot = 28 000 Pers = 1 400	A tot = 56 000 Pers = 2 800	A tot = 71 680 Pers = 3 584	A tot = 84 000 Pers = 4 200	A tot = 112 000 Pers = 5 600
Logements	16 niveaux	51	A tot = 8 000 Pers = 320	A tot = 16 000 Pers = 640			
	32 niveaux + 2 techniques	105	A tot = 16 000 Pers = 640	A tot = 32 000 Pers = 1 280			
	48 niveaux + 4 techniques	159	A tot = 24 000 Pers = 960	A tot = 48 000 Pers = 1 920			
	64 niveaux + 6 techniques	213	A tot = 32 000 Pers = 1 280	A tot = 64 000 Pers = 2 560			

A tot : indique la surface brute des étages du bâtiment hors rez et étages techniques.
Pers : indique le nombre admissible de personnes dans le bâtiment.

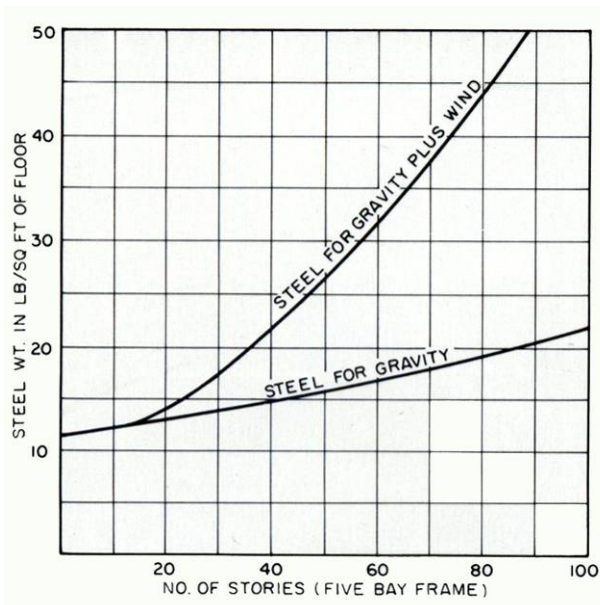
3. La structure portante.

La structure d'un bâtiment élevé doit résister aux charges liées à l'utilisation du bâtiment et au vent. En plus, la capacité des éléments porteurs à résister au feu est déterminée par l'AR¹⁴.

Les charges liées au vent sur des bâtiments ne dépassant pas les 20 étages ($\pm 70\text{m}$) n'engendrent pas d'augmentation sensible de la structure par rapport à celle nécessaire pour les charges d'utilisation¹⁵. Au-delà de cette hauteur, les contraintes de vent engendrent une augmentation sensible des éléments de structure. La stratégie à adopter consiste à concevoir des structures portantes économes en matière avec les rigidités suffisantes.

Figure 4

Incidence du vent sur la consommation d'acier en fonction de la hauteur.



La résistance au feu de tout élément porteur (planchers, murs, colonnes...) est de 2h (Rf 2h).

La mixité et la flexibilité des usages ont une influence sur la conception de la trame portante d'un bâtiment. Lorsque plusieurs types d'affectations sont organisés dans des parties superposées, la coordination des trames portantes de ces différentes parties est nécessaire. Cette question surgit aussi avec la superposition de fonctions différentes au sein d'une même affectation (parking, salle, bureaux...). La trame portante devrait convenir à toutes ces fonctions sans rupture brutale (utilisation de poutraison de transfert entre trames portantes différentes...)

La trame portante doit aussi pouvoir répondre à d'éventuelles modifications de l'affectation d'étages (aujourd'hui bureaux, demain logements).... Cette variation influence également la hauteur des étages. Ces conceptions intégreront aussi l'organisation des surfaces techniques par rapport aux surfaces utiles.

14 AR du 7 juillet 1994 modifié par celui du 30 Décembre 1997 et suivants.... » fixant les normes de base en matière de prévention d'incendie et d'explosion auxquelles les bâtiments nouveaux doivent satisfaire ».

15 « Structures – the tall ones » in « Engineering for architecture », Robert Fischer, Mc Graw Hill, 1980, NY, pp 1 à 25. Le poids d'une structure en acier est doublé par les charges au vent par rapport à celui nécessaire pour les charges d'utilisation.

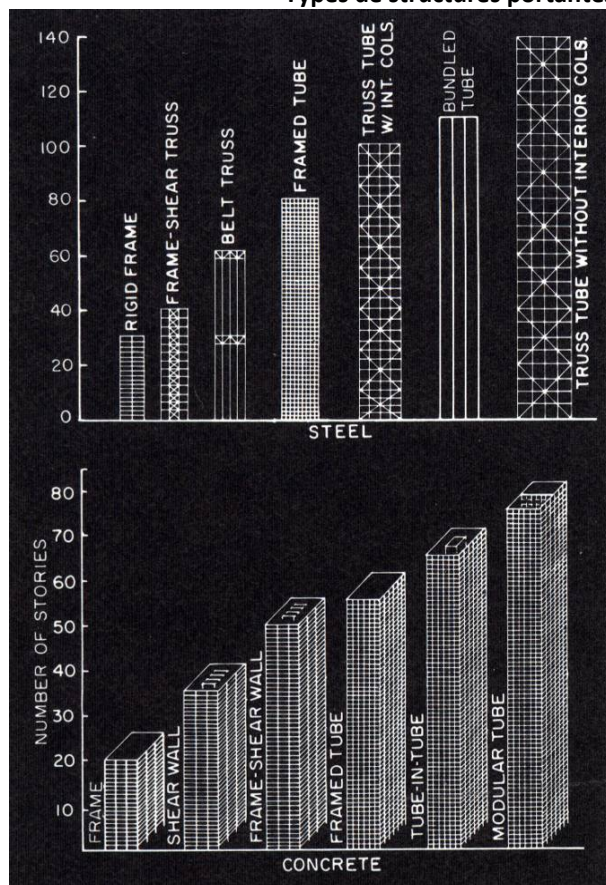
3.1. Typologie des structures portantes.

Les structures portantes généralement proposées pour la construction de bâtiments élevés utilisent principalement l'acier et le béton. Elles peuvent se classer de la manière suivante :

- Les structures « poutres-colonnes » dites « rigides » (fig. 5 A1 et B1).
Elles sont réalisées par un entrecroisement de poutres et colonnes qui sont reliées entre-elles par les dalles de plancher. Construites en béton, elles atteignent 20 étages ($\pm 70\text{m}$) et en acier elles conviennent pour des bâtiments jusqu'à 30 étages ($\pm 100\text{m}$).
- Les structures « poutres-colonnes contreventées » comprennent un « noyau central » (fig. 5 : A2, B3) ou des voiles porteurs (fig. 5 : B2) .
Une structure en béton, dont le noyau central est généralement constitué de voiles, peut atteindre jusqu'à 50 étages ($\pm 180\text{m}$). Pour celles en acier, ce noyau est plutôt « triangulé » pour atteindre jusqu'à 40 étages ($\pm 140\text{m}$). Néanmoins elle atteint quelques 60 étages ($\pm 216\text{m}$) lorsque elle est régulièrement ceinturée en hauteur avec des poutres triangulées (fig 5 : A3).
- Les structures dites en « manchon » (fig. 5 : A4 et B4) sont généralement des structures « poutres-colonnes » dont les colonnes sont fort rapprochées et dont l'ensemble s'assimile à une paroi. Elles atteignent 60 étages en béton et 80 étages ($\pm 290 \text{ m}$) en acier. Une structure en béton « à manchons imbriqués », constituée d'un manchon interne et d'un en façade (Fig. 5 , B6) qui sont reliés par les planchers et des « triangulations » atteint ± 70 étages ($\pm 250 \text{ m}$). Une structure en « manchon » en acier atteint ± 140 étages ($\pm 500 \text{ m}$) lorsque le manchon en façade est « triangulé » (fig 5. A5 et A7).
- Les structures dites en « manchons juxtaposés » (Fig 5 : A6 et B6) sont constituées par l'association de plusieurs structures à manchon. En béton, elles atteignent 80 étages et en acier, elles peuvent atteindre 110 étages ($\pm 400\text{m}$).

Figure 5

Types de structures portantes pour les bâtiments hauts.



Structures en acier (de gauche à droite) :

- A1. Structure « poutres-colonnes rigide ».
- A2. Structure « poutre-colonne contreventée »
- A3. Structure « poutre colonne » avec des poutres triangulées de ceinture.
- A4. Structure « en manchon ».
- A5. et A7. Structure « à manchon triangulé ».
- A6. Structures « à manchons juxtaposés ».

Structures en béton : (de gauche à droite) :

- B1. Structure « poutres-colonnes rigide ».
- B2. Structure « à voile porteur ».
- B3. Structure « poutre-colonne contreventée » avec noyau central.
- B4. Structure « en manchon ».
- B5. Structure « à manchons imbriqués ».
- B6. Structures « à manchons juxtaposés ».

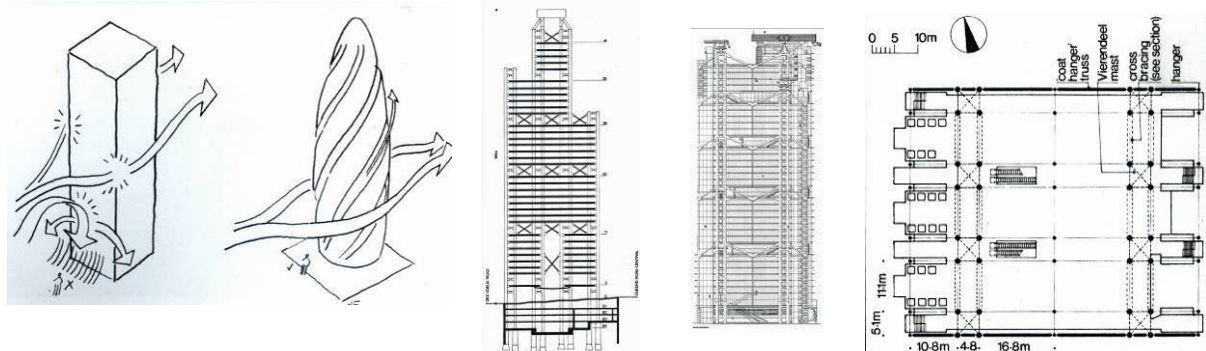
3.2. Des approches innovantes.

3.2.1. Pour limiter les effets du vent sur les bâtiments.

Une possibilité consiste à adopter une forme circulaire pour améliorer la pénétration dans l'air du bâtiment : c'est le cas des bâtiments « Agbar » et « 30, St-Mary Axe » (voir fig.6a).

Figure 6

Dispositions permettant de limiter l'effet du vent sur le bâtiment.



6a. 30, St-Mary Axe (Londres) Arch. N. FOSTER
6b. Banque de Hong Kong et Shanghai (HK) Arch. N. FOSTER

Une autre possibilité est de concevoir une forme structurelle particulière avec des espaces ouverts entre ensembles de niveaux. La banque de HK en est un exemple (voir fig.6b). Cette structure devait résister aux typhons. Une structure prenant la forme de mâts « contreventés » fut imaginée. Constituée de 4 travées portantes, chacune de ses travées comprend deux ensembles porteurs verticaux reliés entre eux par trois à cinq poutres triangulées auxquelles sont suspendus les planchers de 8 étages. Des triangulations, situées au même niveau que ces poutres, relient les travées portantes entre-elles et assurent aussi les reprises de charges (contreventements) dans le sens transversal.

3.2.2 Un dispositif original de répartition de charges a été imaginé pour le 30 st Mary Axe (voir photos 1 et 2). La structure externe en façade suit des lignes conductrices en « hélice ». Le système porteur vertical est associé au système de triangulation et forme des « hélices » pour reprendre les charges dans toutes les directions.

Photos 1 et 2

Un dispositif original de répartition de charges pour le « 30, st Mary Axe », London (GB), Arch. N. FOSTER.



4. Circulations et accès des personnes et des biens.

L'organisation des circulations dans un bâtiment comprend les circulations des personnes et celles des objets. Pour chacune d'elles, trois « phases » de circulation émergent :

- Les accès ;
- Les espaces d'interfaces (accueil pour les piétons, garages pour les véhicules, réserves et stockage pour les objets) ;
- Les espaces internes de circulation.

Les espaces internes de circulation se subdivisent également en trois parties :

- Les espaces d'accès aux circulations verticales ;
- Les circulations verticales (escaliers, ascenseurs, monte-charge...) ;
- Les circulations horizontales aux étages (les lieux d'attente et d'accueil, les « couloirs »...).

Des questions apparaissent:

- Quelle est la capacité des transports publics à absorber un flux important de personnes séjournant dans un bâtiment élevé en un temps restreint (1heure) en heures de pointe ?
- Quels sont les risques de congestion des voies publiques pour la circulation des véhicules ?
- Quel est l'espace nécessaire pour les voitures (garages...) ? Le nombre de places de parking dans un éventuel garage ne correspond pas à une place par employé ou logement. En plus de celles prévues dans un garage, il faut donc prévoir qu'un nombre d'employés gareront leurs véhicules sur la voie publique.
- Quel est l'espace nécessaire pour le stockage des déchets ? La quantité de déchets produit à l'intérieur d'un bâtiment est conséquente (± 1 kg par jour et habitant en Région bruxelloise). Avec un ramassage des déchets tous les deux jours, un bâtiment de 64 niveaux avec 8 logements par niveaux produit quotidiennement $\pm 2\,048$ kg de déchets.
- Quelle est l'emprise des circulations verticales à chaque étage ?
- Il faut par ailleurs noter qu'un bâtiment de plus de 50 m ne peut se situer à plus de 10 km par voie carrossable d'un poste de lutte contre l'incendie¹⁶.

4.1. Emprise des accès piétons.

Les nombres d'occupants dans les bâtiments de bureaux simulés varient entre 350 personnes (surface brute de $7\,000\text{ m}^2$ - 14 niveaux de 500 m^2) à 5 600 personnes (surface brute de $112\,000\text{ m}^2$ - 56 niveaux de $2\,000\text{ m}^2$). Dans les logements, ils varient de 320 personnes ($8\,000\text{ m}^2$ - 16 niveaux de 500 m^2) à 2 560 personnes ($64\,000\text{ m}^2$ - 64 niveaux de $1\,000\text{ m}^2$).

L'accès à un bâtiment de bureaux occupe une partie importante du rez-de-chaussée avec notamment les espaces d'accueil, les espaces d'attente voire des espaces de réunion. Dans les logements, ces espaces d'accès sont plus restreints.

Il est souhaitable de situer les bâtiments de bureaux à proximité de lignes de chemin de fer et de métro afin d'éviter des congestions de trafic.

¹⁶ Art 1.5 de l'annexe 4 de l' «AR du 7 juillet 1994 modifié par l'AR du 19 décembre 1997 (...)».

4.2. Emprise à prévoir pour les parkings.

Le nombre de places de parking dans un bâtiment dépend notamment de sa surface brute totale et de son affectation (bureau, logements, hôtel...).

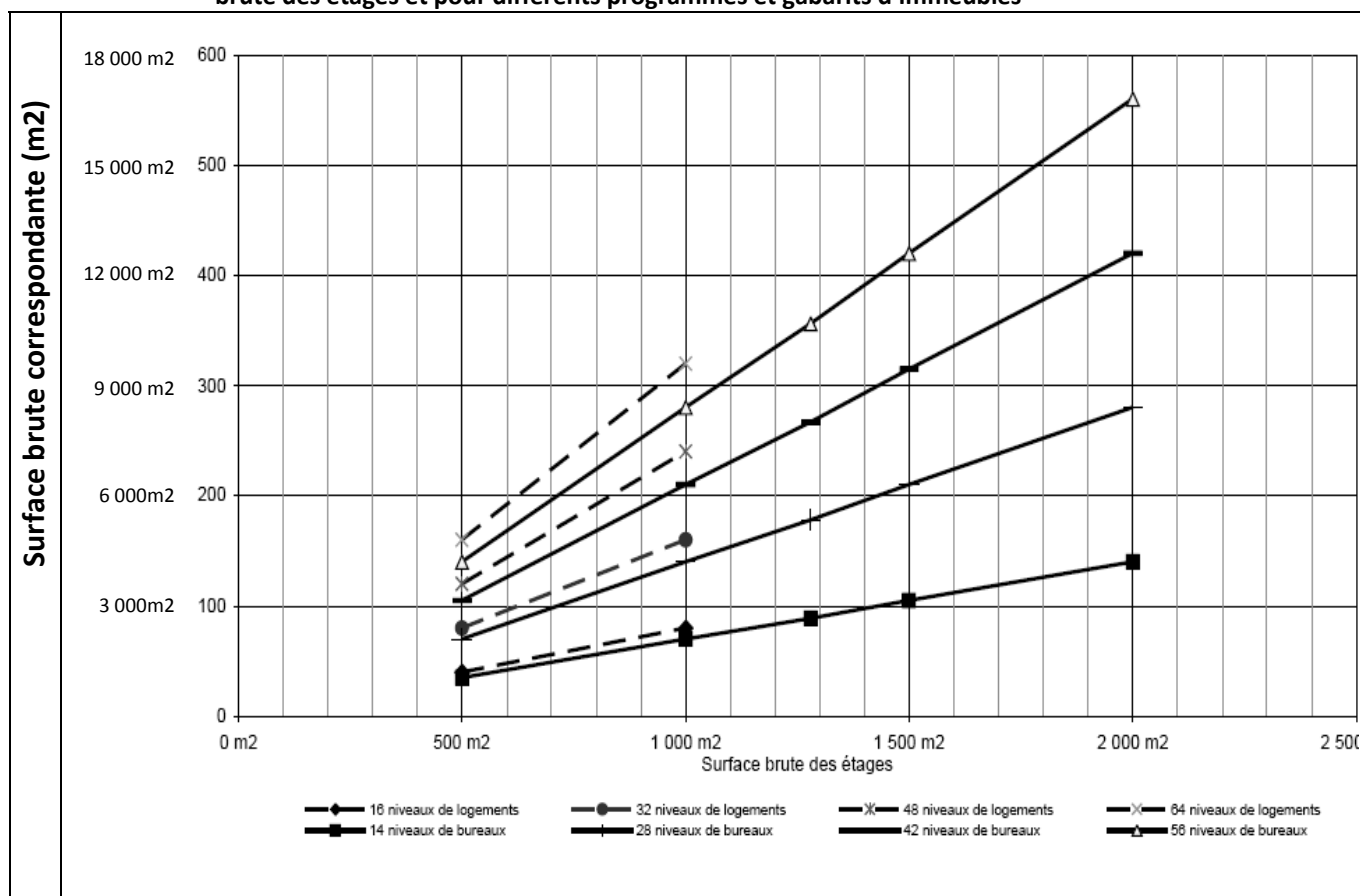
Le nombre de places de parking permis dans un bâtiment de type bureaux est évalué en fonction du ratio de 1 place pour 200 m² (surfaces brutes¹⁷). Dans le cas des logements, nous considérons qu'il est souhaitable d'envisager une place de parking par logement¹⁸.

Les simulations (voir graphique ci-dessous) du nombre de places de parking varient de 35 places (surface brute de 7 000 m²-14 niveaux de 500 m²) à 560 places (surface brute de 112 000 m²– 56 niveaux de 2 000 m²).

Les constats sont identiques lorsque nous appliquons ce même ratio aux logements (voir graphique en figure 7). Dans ce cas, ce nombre varie de 40 (16 niveaux de 500 m² avec 64 logements) à 320 places (64 niveaux de 1 000 m² avec 512 logements). Si nous appliquons la règle d'une place de parking par logement cette variation s'étalerait de 64 places de parking à 512 places.

Figure 7

Evolution du nombre de places de parking et des surfaces brutes correspondantes en fonction de la surface brute des étages et pour différents programmes et gabarits d'immeubles



L'analyse de ce graphique suscite trois commentaires :

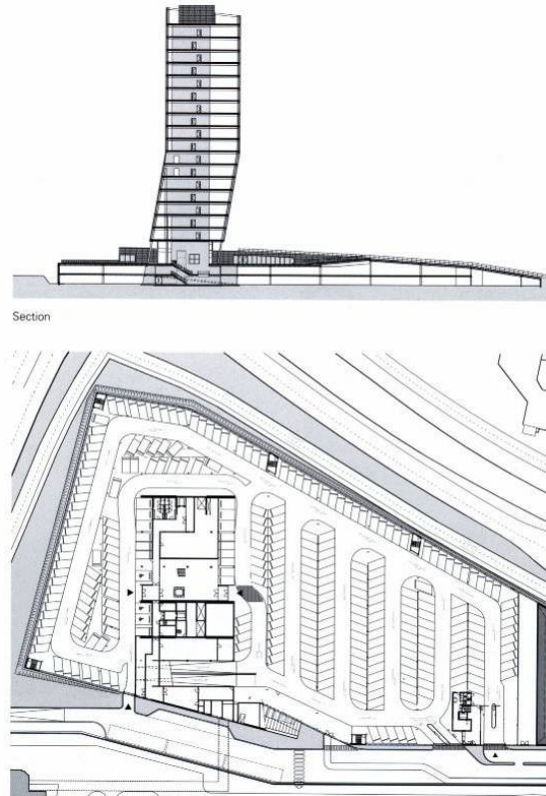
¹⁷ Ratio « préconisé » dans le RRU (Règlement régional d'urbanisme) de la Région de Bruxelles-Capitale.

¹⁸ Pour les surfaces brutes d'étages de logements de 500 m², au sein desquels quatre logements s'organisent nous prévoyons 4 emplacements de parking, pour ceux avec 1000m² de surfaces brutes avec huit logements par étage, nous prévoyons huit emplacements de parking.

- En considérant un ratio de 27 m^2 par voiture et une surface utile des étages de parking égale à 90% de la surface brute, il faut prévoir de 2 (pour 14 niveaux de bureaux) à 8 étages (pour 56 niveaux de bureaux) de parking. Or il est peu réaliste d'envisager de construire 12 niveaux en sous-sol. D'autres solutions doivent donc être recherchées notamment par l'aménagement d'étages dans un socle (voir fig.8).

Figure 8

Emprise au sol des parkings d'un bâtiment de bureaux pour Philips à Nijmegen (NL), Arch. MECANOO.

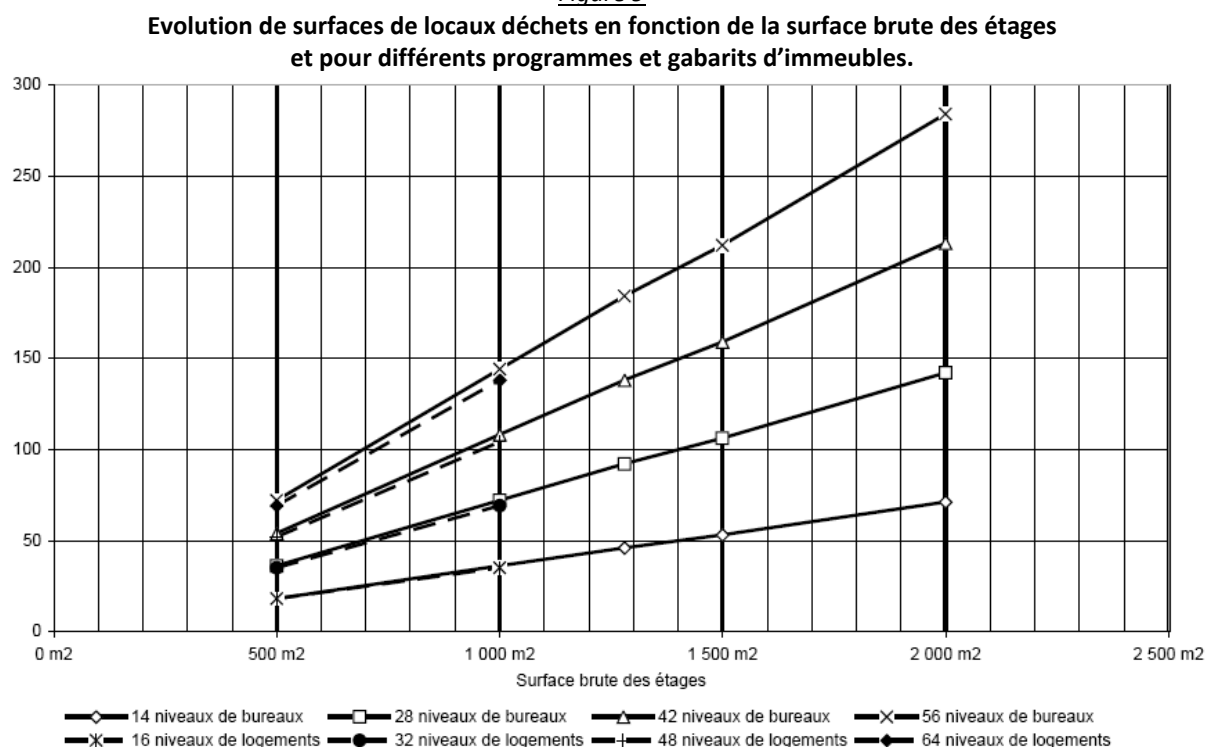


- 560 places de parking pour 5 600 travailleurs... Si tous empruntent des voitures pour se rendre au travail, un problème d'engorgement des voiries se créera aux alentours du bâtiment. L'alternative est alors de situer ces bâtiments à proximité de voies rapides en périphérie des villes plutôt qu'au centre ... ou mieux, de contraindre l'occupant de l'immeuble à développer un plan de déplacement d'entreprise. On peut aussi imaginer de faire des bâtiments de bureaux pas trop hauts et une tour de parkings collectifs.
- Et pour les logements, en appliquant les mêmes règles, il y a des places de parking pour 60% des logements. En appliquant la règle d'une place de parking par logement, nous devrions disposer pour 64 logements de $\pm 1920 \text{ m}^2$ de parking (soit près de 25% de la surface brute totale des 16 étages de 500 m^2 avec 4 logements par étage) à $15\,360 \text{ m}^2$ de parking pour les 512 logements d'un bâtiment de $64\,000 \text{ m}^2$ (64 étages de 1000 m^2 avec 8 logements par étage)...

4.3. Emprise des « locaux déchets ».

On considère en région bruxelloise qu'un habitant ou un travailleur produit ± 1 kg de déchets par jour¹⁹. Sur base de cette hypothèse, le volume nécessaire pour stocker les déchets de 2 jours (dans des conteneurs de 1 m^3) varie de 18 m^2 (16 niveaux de logements de 4 logements) à 138 m^2 (64 niveaux de 8 logements)²⁰. Pour 56 niveaux de bureaux de $2\,000\text{ m}^2$ de surface brute d'étage, la surface de ce local atteint 280 m^2 . Le nombre de niveaux et de leurs surfaces influencent donc la surface des locaux « poubelles ».

Figure 9



4.4. Les circulations verticales.

Elles se subdivisent en moyens mécaniques (principalement les ascenseurs) et pédestres ou sécuritaires (les escaliers).

4.4.1 Les ascenseurs.

Leur nombre et charge utile se déterminent en fonction du nombre de personnes à transporter vers les étages (en 5 minutes), des délais d'attente admis, des durées et vitesses de transport (1 à 6 m/s), du type d'affectation des étages (bureaux, logements, hôtels....), du nombre d'étages à desservir. La NBN E52-019 propose une méthode de calcul de la capacité de transport et du nombre d'ascenseurs.

Observons que dans les « tours de logements »²¹, atteignant jusqu'à ± 190 m de hauteur, il y a seulement 3 ascenseurs. Ils desservent tous l'ensemble des étages. Par contre pour des bâtiments de bureaux, le nombre aux ascenseurs varie fortement et ils ne desservent

19 Site web de Bruxelles propreté. Il s'agit annuellement et par habitant de ± 225 kg de déchets non triés (sacs blancs) et de 64 kg de déchets triés (sacs bleus et jaunes). Il faut aussi compter des déchets (verres, métaux ...) qui ne transitent pas par les ramassages.

20 Un kg de déchets occupe en moyenne un volume de 7,5l.

21 Il s'agit de Woerman Plaza (Las Palmas) de 72m de haut avec 2 ascenseurs, de Montevideo (Rotterdam) de 146m avec 3 ascenseurs et de Turning Torso (Malmö) de 190m de haut avec 3 ascenseurs.

généralement qu'un nombre restreint d'étages. Dans la « International Finance centre Two, à Hong Kong (2003) », il y a jusqu'à 28 ascenseurs.

En général, les niveaux situés sous le niveau d'embarquement (parking ou autres) et ceux situés au-dessus du niveau d'embarquement sont desservis par des ascenseurs distincts.

On observe trois types d'organisation pour les ascenseurs :

- Premier type.

Une stratégie d'organisation habituellement appliquée dans des bâtiments de plus de 200m consiste à diviser le nombre d'étages en plusieurs ensembles et à gérer le trafic des ascenseurs en fonction des appels.

Les étages de chaque partie sont desservis à partir d'un « sky lobby » par une batterie d'« ascenseurs locaux » atteignant selon le nombre d'étages desservis des vitesses jusqu'à 4m/s.

Des organisations montrent un « sky lobby » situé au milieu de la partie desservie alors que d'autres situent celui-ci au bas de la partie desservie.

Des « ascenseurs express » relient ce « sky lobby » et le niveau d'embarquement en appliquant des vitesses de $\pm 6\text{m/s}$ avec des capacités de charge allant jusqu'à 4 tonnes (± 50 personnes). Dans ce type d'organisation, chaque partie n'est desservie que par un nombre limité d'ascenseurs.

- Deuxième type.

Une autre stratégie d'organisation, plus actuelle, s'appuie sur une gestion affinée des trajets utilisant au mieux le nombre d'ascenseurs notamment en fonction des appels et des autorisations d'accès aux étages. Ici tous les ascenseurs desservent tous les étages à partir du niveau d'embarquement. Les temps d'attente sont parfois plus long mais sont à relativiser par rapport à un temps de course mieux organisé. Toutefois, cette stratégie se limite à ± 30 étages²².

- Troisième type.

Une stratégie intermédiaire consiste à diviser le nombre d'étages desservis par ensemble de ± 30 étages. Chaque ensemble est desservi à partir d'un niveau d'embarquement unique, en général le rez-de-chaussée (voir fig.10).

Figure 10
Organisation des ascenseurs dans AON center.

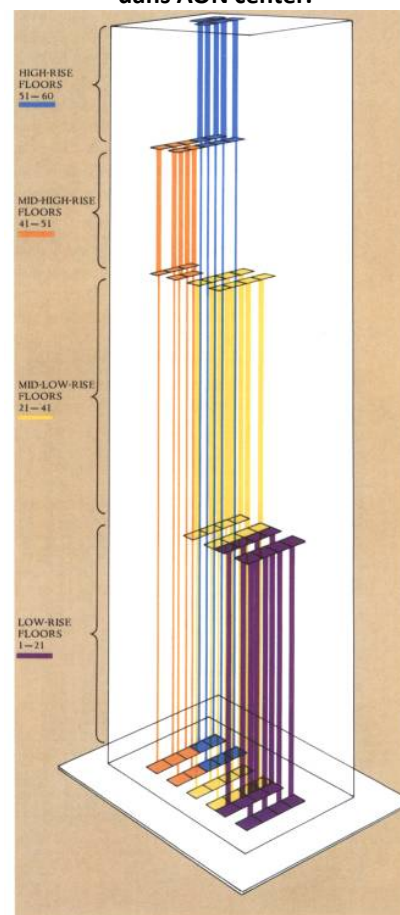
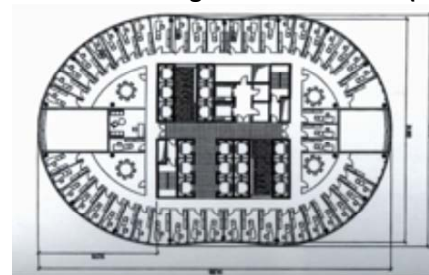


Figure 11
Emprise de la trémie technique « ascenseurs » dans le « Deutsche Grundbesitz Management » à Frankfurt (DE).



L'intégration des ascenseurs dans un bâtiment s'opère par le biais de trémies d'ascenseurs. L'emprise de celles-ci sur la surface d'étage est influencée notamment par le nombre d'étages à desservir et le nombre de personnes à y transporter. Dans un bâtiment, les trémies de circulations verticales représentent l'emprise technique la plus importante (voir fig. 11).

22 in « High rise Manual », Johann EISELE et Ellen KOFT, Birkhäuser, Basel-Boston-Berlin, 2003, pp 204 à 211.

4.4.2. Les escaliers.

Les compartiments²³ de tout bâtiment élevé²⁴, disposeront d'au moins 2 possibilités d'évacuation par des escaliers²⁵. Ces escaliers sont des espaces compartimentés, précédés d'un sas d'au moins 2 m² avec portes d'accès s'ouvrant dans le sens de la fuite.

L'escalier contient une installation de désenfumage propre (10 volumes par heure ou 2m³/s). Dans les bâtiments de plus de 50m, les chemins d'évacuation reliant les locaux d'un étage aux escaliers disposeront aussi d'installations de désenfumage (pulsion et extraction d'air de 10 volumes par heure ou 1m³/s).

Le nombre d'escaliers et leurs largeurs se déterminent en fonction du compartiment comprenant le plus grand nombre de personnes et des prescriptions de l'AR²⁶ fixant les normes de base en matière de prévention contre l'incendie et l'explosion, auxquelles les bâtiments nouveaux doivent satisfaire.

La valeur de base étant de 1,25 cm par personne pour une fuite en descente et de 2cm par personne pour une fuite en montant. La largeur minimale est de 80 cm. La largeur d'un escalier est augmentée par module de 60 cm (Min 80, 120, 180...).

Lorsqu'un compartiment est occupé par au plus 64 personnes, l'évacuation se réalisera par deux cages d'escaliers de 80 cm de large. La surface de ce type d'escalier pour franchir 3,6m de hauteur d'étage est de $\pm 9,3 \text{ m}^2$. Ce type d'escalier est suffisant pour évacuer des surfaces brutes d'étages d'au plus 1 280 m².

Un compartiment occupé par au plus 96 personnes disposera de deux escaliers de 1,2m de large. Leur surface est de 15,5 m². C'est la dimension exigée pour une surface d'étage de 1 281 m² à 1 920 m².

Un compartiment occupé par plus de 96 personnes exigera deux escaliers de 1,8m de large dont la surface est de 27,3 m². Cette dimension est requise pour évacuer de 97 à 144 personnes (soit de 1 921 m² à 2 880 m²).

Il faut néanmoins attirer l'attention sur la durée d'évacuation. Elle augmente en fonction du nombre d'étages. Des études²⁷ (simulations) menées par Marja-Liisa Siikonen montrent que le temps nécessaire pour évacuer 30 étages de bureaux occupés chacun par 100 personnes (Surface utile = 1400 m²) est de ± 26 minutes s'ils empruntent uniquement les escaliers. Ce temps est réduit de moitié si 50% des occupants empruntent les escaliers et les autres 50% les ascenseurs.

Dans des bâtiments résidentiels, le temps d'évacuation de 50% des occupants de 10 étages par les ascenseurs est de 24 minutes et, par les escaliers, il n'est que de 17 minutes.

23 Un compartiment est une partie de bâtiment délimitée par des parois Rf. Son étendue se limite, sauf exceptions, à un étage. La surface d'un compartiment est généralement inférieure à 2 500m². Tout compartiment a au moins deux sorties.

24 En référence à annexe 1 : art 1.2 de l' « AR du 7-7-1994, fixant les normes de base en matière de prévention d'incendie et d'explosion, auxquelles les bâtiments nouveaux doivent satisfaire » : un bâtiment élevé est un bâtiment dont la distance entre le niveau fini du plancher de l'étage le plus élevé, accessible au public (pas les étages techniques...), et le niveau d'évacuation le plus bas des voies entourant le bâtiment et utilisables par les véhicules des services d'incendie est supérieure à 25m.

25 Pour une occupation d'un compartiment d'au plus 499 personnes.

26 l' « AR du 7-7-1994, fixant les normes de base en matière de prévention d'incendie et d'explosion, auxquelles les bâtiments nouveaux doivent satisfaire », annexe 1, art. 1.6 & 5.6

27 Dr Marja-Liisa SIIKONEN et Henri HAKONNEN, « Efficient evacuation methods in tall buildings », in Elevator World, pp 78 à 84. Un autre article (Building Services Journal d'octobre 2003) avance une durée d'évacuation pour un bâtiment de 50 étages de 45 à 60 minutes alors qu'avec l'aide des ascenseurs, cette durée se limitera à 10 à 12 minutes. Notons qu'à Hong Kong la descente admise par les escaliers est limitée à 20 étages.

L'usage des ascenseurs ne serait qu'à préconiser pour des bureaux de plus de 15 étages, (hauteur de $\pm 50\text{m}$). Dans les logements, le moyen d'évacuation le plus rapide reste l'escalier.

Quelle influence du nombre étages et de leur surface sur l'emprise des cages d'escaliers ? La largeur d'un escalier est définie par le nombre d'occupants d'un compartiment. Ce qui a une conséquence sur le volume d'une cage d'escalier. L'emprise de la trémie de désenfumage dépend du volume de la cage d'escalier et donc de sa hauteur.

4.4.3. Simulation : Evolution de l'emprise des trémies de circulation verticales sur la surface d'étage.

- Les trémies « ascenseurs ».

Les simulations portent sur des bâtiments de bureaux occupés par un ou plusieurs services avec des heures d'arrivées flexibles (12 à 16% des occupants à transporter en 5 minutes). Le temps d'attente maximal (intervalle) n'excède pas 35 secondes. Les bâtiments de logements sont de type à « confort moyen » (de 8 à 10 % des occupants à transporter en 5 minutes avec un temps d'attente limité à 80 secondes).

Pour les bureaux de plus de 28 étages deux scénarios sont envisagés. L'un, avec une batterie d'ascenseurs desservant tous les étages et l'autre, avec deux batteries distinctes l'une desservant les 28 premiers étages et l'autre les 28 suivants (de 28 à 56 étages)²⁸. Pour les logements, ces deux scénarios s'envisagent pour des bâtiments de plus de 32 niveaux et jusqu'à 64 niveaux.

- Les « cages d'escaliers ».

Deux escaliers sont envisagés. La largeur de leurs volées dépend uniquement du nombre d'occupants par étage (le compartiment le plus peuplé).

- Constats (voir fig. 12).

L'emprise des trémies de circulation dans les bureaux varie en fonction du nombre de niveaux desservis et de la surface de ces niveaux.

Un minimum apparaît pour une surface brute d'étage de $1\,280\text{ m}^2$.

Pour desservir 56 niveaux de $1\,500\text{ m}^2$, il faut prévoir, pour les trémies de circulation, $\pm 23,9\%$ (360 m^2) de cette surface à chaque étage.

Pour 42 niveaux, c'est $\pm 15,7\%$ (235 m^2), pour 28 niveaux, c'est $11,3\%$ (170 m^2) et pour 14 niveaux c'est $6,8\%$ (102 m^2).

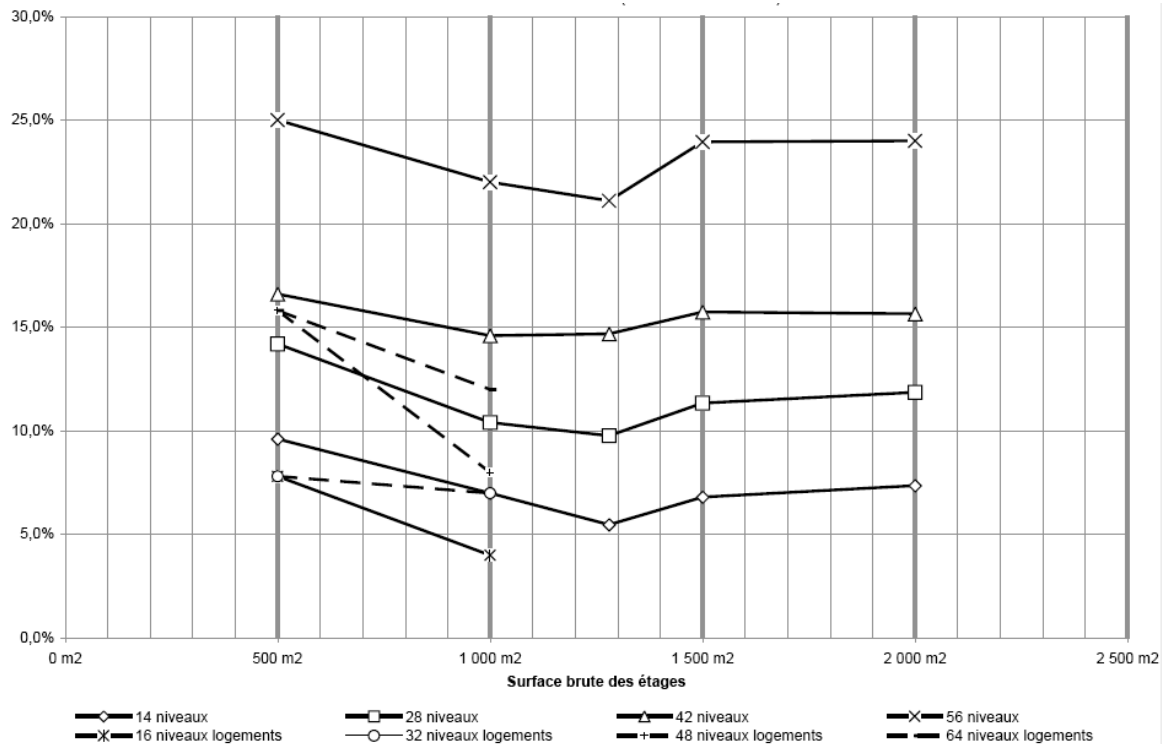
La variation de 14 à 56 niveaux est donc de 350% !!!

L'emprise des trémies dans les logements diminue aussi en fonction du nombre de niveaux desservis. Cette emprise est néanmoins inférieure à celle des bureaux.

²⁸ Nous devons néanmoins constater que l'emprise des ascenseurs au niveau des premiers étages ne varie pas selon le scénario choisi. Par contre, elle diminue dans les étages supérieurs avec des batteries distinctes. La surface maximale de trémie pour chaque bâtiment fut retenue.

Figure 12

Evolution de l'emprise des trémies de circulations verticales en fonction de la surface brute des étages et pour différents programmes et gabarits d'immeubles.



4.4.4. Conclusions à propos des circulations.

Lorsque les bâtiments élevés sont localisés en zone urbaine, il faut les situer à proximité de gares ou stations de métro afin d'éviter des engorgements de trafics « pédestres » et de limiter le temps de trajets des occupants.

Par contre, pour limiter l'impact du trafic « voitures » dans la ville, il y a lieu de les situer en périphérie et à proximité de nœuds routiers.

Dans tous les cas, un bâtiment élevé doit se situer à moins de 10 km par voie carrossable d'un poste de lutte contre l'incendie.

L'emprise des surfaces de parking et des locaux « poubelles » est directement influencée par les surfaces des étages et le nombre de niveaux d'un bâtiment.

L'importance des trémies de circulations verticales est immédiatement influencée par le nombre de niveaux d'un bâtiment. Cependant, pour des bâtiments avec un même nombre de niveaux, ceux avec une surface brute d'étages de 1 280 m² exigeront une surface relative minimale pour ces trémies.

5. Production, stockage, transport et distribution des fluides et énergies.

Les installations techniques concernées dans cette section sont toutes les installations ayant pour but de satisfaire aux exigences de confort des occupants (ventiler, chauffer, refroidir, éclairer...) et des activités qu'ils réalisent (travail, séjour, repos, ...) , à la sécurité des lieux (détection, intervention...) et à la gestion.

Les installations habituellement rencontrées assurent l'adduction d'eau froide, le cas échéant, d'eau chaude, de gaz... , l'évacuation des eaux usées et pluviales, de gaz brûlés, la production de chaleur, de froid, l'apport d'air hygiénique, des désenfumages, l'approvisionnement en eaux des dévidoirs, hydrants, sprinklers, la fourniture d'électricité, des services de communication, de détection, de régulation.

Leur organisation se divise en trois grandes parties :

- Appareils.
L'action d'une installation dans ou sur un espace se réalise avec des « appareils » (d'éclairage, émetteurs de chaleur, de froid, prises électrique, data, téléphone, détecteurs...).
 - Centre desservant.
Les appareils sont reliés à un « centre desservant » qui produit (chaudière, groupe froid...), traite (groupe de pulsion d'air...), évacue ou reçoit (raccordement égout, électrique, eau ...) un fluide (F) ou une énergie (E). Pour réaliser ses actions, un centre desservant est reliés au site (réseau public, environnement, sol) et à d'autres installations.
- Le transfert d'un F ou E entre les appareils et un centre desservant se réalise par des « liaisons » en passant, le cas échéant, par des « centres intermédiaires ».
- Un centre intermédiaire modifie les caractéristiques d'un F ou E. (compteurs de passage, vanne trois voies, disjoncteurs...).
 - Les « liaisons » se réalisent, suivant le type de F ou E, par des canalisations ou conduits (d'eau, de gaz...) et conducteurs (électriques...). Ceux-ci ont des trajets constitués de parties verticales (liaisons entre étages) et horizontales (liaisons entre liaisons verticales, les appareils, les centres intermédiaires ou desservants).

5.1. Principes d'intégration des installations techniques dans un bâtiment.

Les éléments d'installation s'organisent dans un bâtiment au sein de « cavités ». Ce sont des « locaux techniques », des « trémies » et des « nappes ».

Les centres desservants et intermédiaires s'organisent dans les locaux techniques. Les locaux techniques se regroupent en « étages techniques » et/ou en « tours techniques ».

Des exemples de « tours techniques » existent notamment au sein de la banque de Hong Kong et Shanghai (Hong Kong) par la superposition des groupes de traitement d'air (cfr fig.13). C'est également le cas du bâtiment « Centraal Beheer » (Apeldoorn).

Les liaisons verticales, et le cas échéant certains centres intermédiaires, se situent dans des trémies (compteurs, vannes...). Leur organisation est incluse dans les surfaces techniques d'étage (fig 13a et 13b).

Les liaisons horizontales et les appareils se situent dans les nappes (au plafond ou dans le sol) (fig.13c). Les étages de bureaux disposent généralement d'une nappe supérieure (faux-plafond) et d'une nappe inférieure (faux plancher). Les étages de logements ne disposent en général que de nappes communes à deux étages

Figure 13

**Exemple d'intégration des installations techniques dans des tours techniques,
Banque de Hong Kong et Shanghai (HK), Arch. N. FOSTER.**

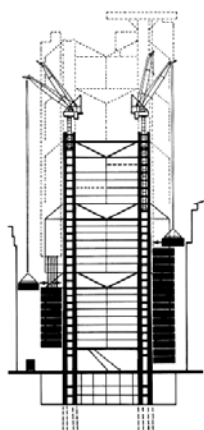


Fig.13a

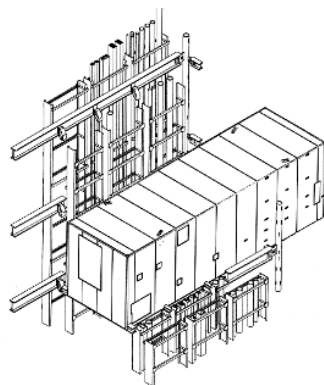


Fig.13b

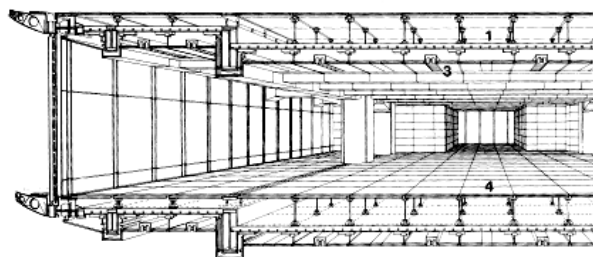


Fig.13c

5.2. Observations.

La coupe de la Banque de Chine montre plusieurs étages techniques qui séparent des ensembles de 13 étages « d'activités ».

La banque de Hong Kong et Shanghai (HK) montre une réparation verticale des locaux techniques. Faisant disparaître les étages techniques en tant que tels mais nécessitant une surface « technique » plus importante par étage.

La distance entre deux « étages techniques » ne devrait pas dépasser les 60m²⁹. Cette distance se justifie notamment afin de limiter les pressions dans les liaisons, les quantités d'air à véhiculer...

Un bâtiment de 50m de haut comporte au moins deux étages techniques. L'un est situé au premier sous-sol. L'autre en toiture. Ces deux étages techniques sont séparés par ± 14 étages de bureaux ou ± 16 étages de logements.

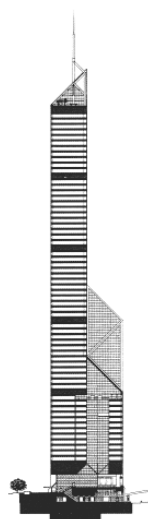


Fig.14
**Banque de chine
(HK)
Arch. PEI**

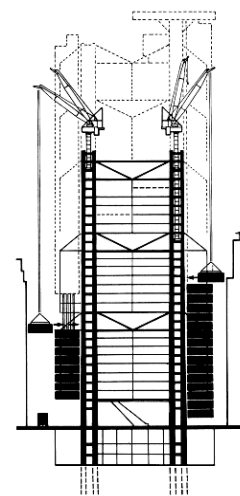


Fig.13a
**Banque de Hong Kong
(HK)
Arch. N. FOSTER**

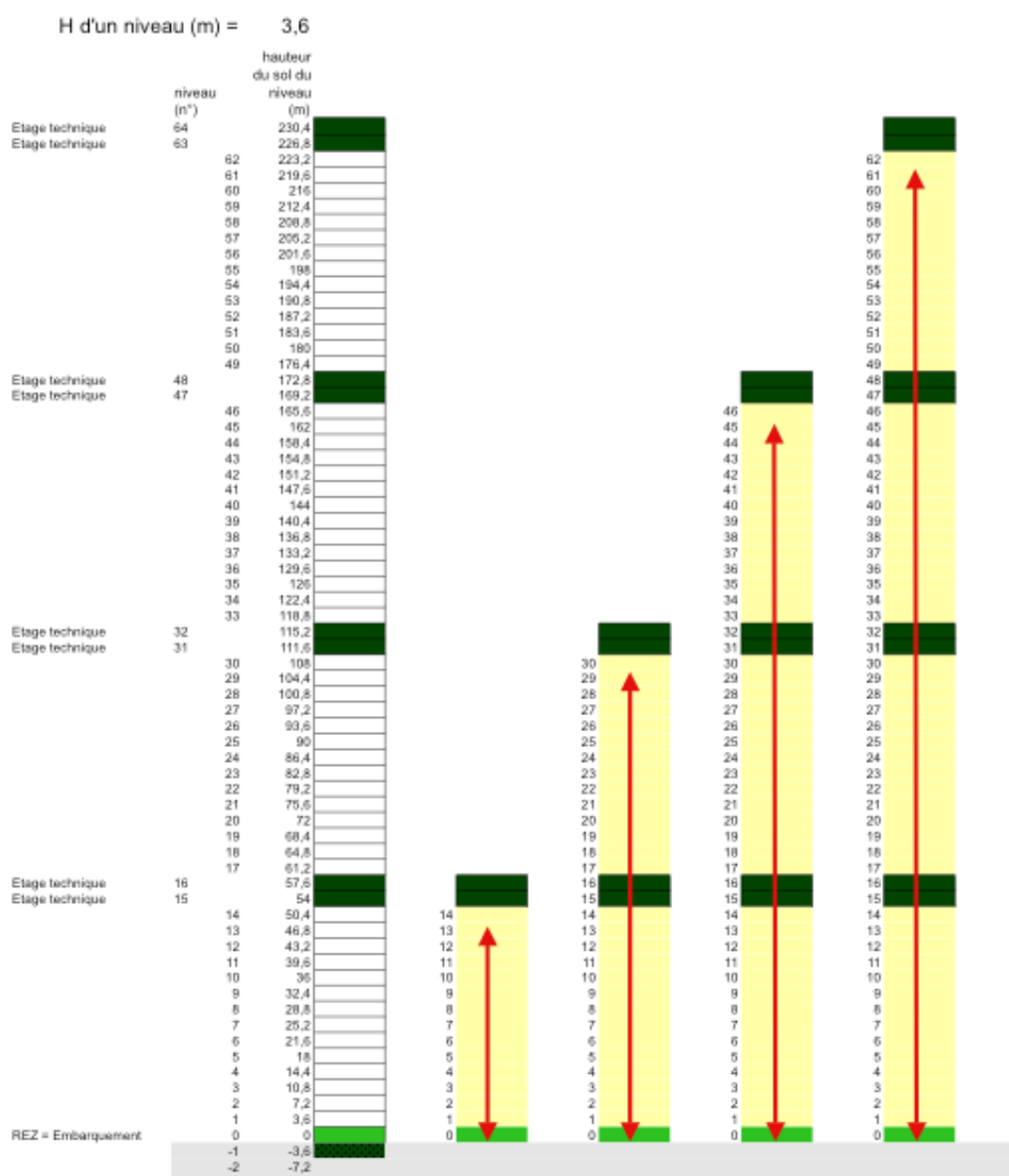
29 Cette distance est préconisée dans un article « Spaces for services- 4. Strategic planning » Architect's Journal du 26 février 1986, the architectural press, London, p 53. Cette distance est également reprise dans « Advanced Buiding Systems ».

Au vu de ce qui précède, les principes d'intégration des locaux techniques dans un bâtiment peuvent se résumer comme suit :

- Pour les bâtiments de moins de 14 étages de bureaux ou 16 étages de logements il faut prévoir des locaux techniques au premier sous-sol (ou au rez-de-chaussée) et en toiture ; ou prévoir une superposition de locaux techniques dans une tour technique.
- Les bâtiments élevés disposeront en plus des locaux techniques au premier sous-sol et en toiture, d'autant d'étages techniques « intermédiaires » qu'il y a d'ensembles de 14 étages (16 étages) moins 1 (voir figure 15) ou une ou plusieurs superpositions de locaux techniques internes ou accolées aux étages.

Figure 15

Synthèse des principes d'intégration des installations techniques en fonction de la hauteur du bâtiment.



5.3. Influence du nombre d'étages sur l'organisation des installations.

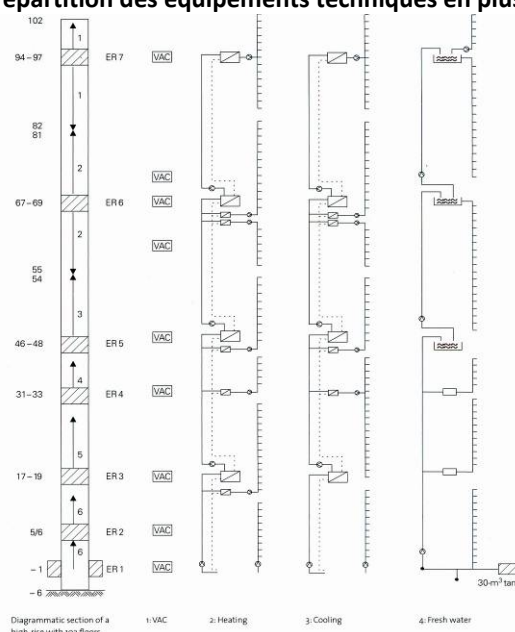
L'influence du nombre d'étages sur l'organisation des installations se répercute principalement par :

- La répartition des locaux techniques soit au sein d'étages techniques intermédiaires³⁰ le long de la hauteur du bâtiment, soit superposés au sein de « tours techniques » en plus d'étages techniques au premier sous-sol voire en toiture ;
- L'emprise des trémies de F&E et des locaux techniques qui y sont associés (locaux répartiteurs, serveurs...) sur la surface des étages....Leur grandeur dépend notamment des éléments qu'elles contiennent, des quantités de F&E à fournir et du type d'occupation des étages ;
- Le nombre et l'emprise des locaux sanitaires et domestiques (cuisines, buanderies...), sachant que ceux-ci sont généralement concentrés dans les étages de bureaux, tandis que dans les étages de logement ils sont répartis sur toute la surface d'étage. Leur grandeur dépend du type d'utilisation de l'étage et du nombre de personnes qui l'occupent ;

Dans les bâtiments élevés de plus de 50m, les distances entre appareils et centres desservants sont importantes. On cherche généralement à limiter l'impact de ces distances (pressions élevées, pertes de chaleur ou de froid, pertes de charges...) :

- En interposant des sous-stations (échangeurs, réservoirs, relais, surpresseurs...) entre les appareils d'une partie du bâtiment et le centre desservant, c'est le cas de la plupart des installations reliées aux réseaux publics (électricité, eau...), des installations de production avec l'eau comme fluide caloporteur (chauffage à eau chaude, climatisation à eau glacée...) ;
- En divisant l'installation en plusieurs plus petites et en rapprochant le centre desservant des appareils (fig.16). C'est, en général, le cas des installations de ventilation hygiénique ou celle utilisant l'air comme fluide caloporteur (climatisation tout air...).

Figure 16
Schéma de répartition des équipements techniques en plusieurs unités.



³⁰ Les étages techniques intermédiaires n'occupent pas toujours toute la surface d'un étage. Cette répartition d'« étages techniques » dépend notamment de la répartition spatiale de ces exigences et du nombre d'étages à desservir.

5.4. Emprise des installations F&E dans un bâtiment.

Elle est examinée pour :

- Des installations de ventilation double flux³¹ ;
- Des installations de chauffage à eau chaude³² ;
- Des installations d'électricité³³ (courants forts) alimentés par le réseau, dont certaines parties peuvent également s'alimenter à partir de groupes de secours (électrogène, no-break) ;
- Des installations de courants faibles (téléphonie, TVD, data, sécurité...) ;
- Des installations de désenfumage des cages d'escaliers et des chemins d'évacuation.
- Des installations d'alimentation des eaux froides y compris les installations d'incendie (dévidoirs, hydrants,...)³⁴ ;
- Pour les logements, sont envisagés des installations de production d'eau chaude sanitaire (par semi accumulation) alors que dans les bureaux cette production est assurée localement ;
- Des installations d'évacuation des eaux usées et pluviales ;
- Pour les bureaux, sont envisagés des installations de refroidissement à eau glacée (plafond froid) ;

Les stratégies d'organisation adoptées³⁵ sont de type centralisé pour la majorité des installations, sauf pour les installations de ventilation hygiénique qui sont partiellement centralisées pour agir dans au plus 14 niveaux de bureaux ou 16 niveaux de logements. Pour les autres installations, des sous-stations sont également prévues tous les 14 ou 16 niveaux.

5.5. Simulation : Evolution de l'emprise des locaux techniques en fonction de la surface brute des étages et pour différents programmes et gabarits d'immeubles.

La simulation faite dans la figure 17 ci-dessous montre que :

- L'emprise relative diminue en fonction du nombre de niveaux desservis (même si la surface globalement occupée par les locaux techniques augmente).
- Plus la surface brute des étages augmente, moins la surface globalement occupée par les locaux techniques est importante ;
- Dans les bureaux, l'emprise des locaux techniques pour les bâtiments avec une surface brute d'étages de 500 m² s'étend de 7,3% (\pm 510 m² pour 14 niveaux) à 3,7% (\pm 1 040 m² pour 56 niveaux), alors qu'elle varie de 2,9% (\pm 810 m² pour 14 niveaux) à 1,5% (\pm 1 680 m² pour 56 niveaux) pour ceux avec une surface brute d'étage de 2 000 m².

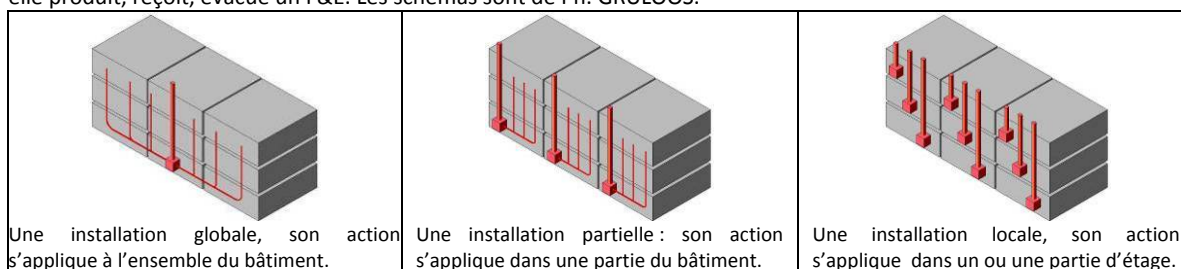
31 Pour les simulations, ces installations assurent un renouvellement d'air par heure du volume utile d'un niveau. Elles s'organisent dans les bureaux pour agir dans 14 niveaux et dans les logements dans 16 niveaux.

32 Pour les simulations, les installations de chauffage et de refroidissement ont une production centralisée avec des sous-stations organisées au sein des étages techniques intermédiaires. A chaque étage est prévu un espace pour les collecteurs.

33 Pour les simulations, des locaux « répartiteurs » et des « TGBT » sont prévus par étage.

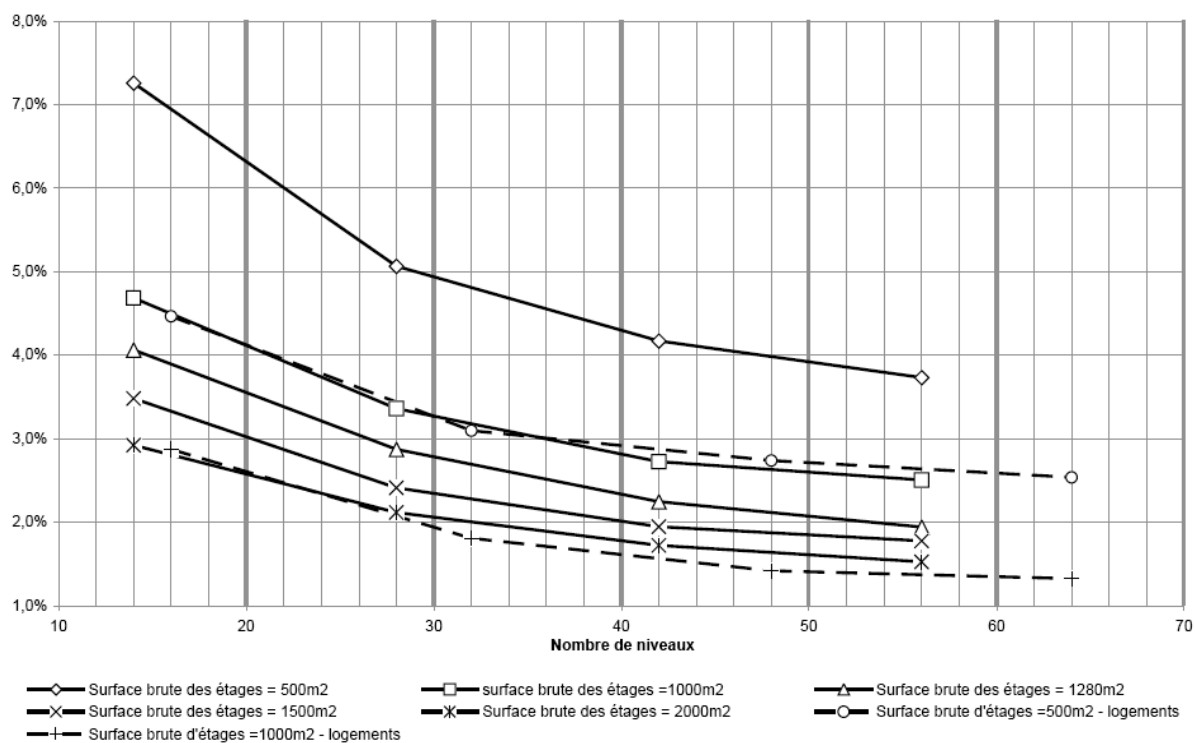
34 Pour les simulations, au moins une armoire complète « dévidoir-hydrant » est prévue par étage.

35 Le domaine d'action d'une installation se définit par la partie de bâtiment au sein de laquelle elle agit et pour laquelle elle produit, reçoit, évacue un F&E. Les schémas sont de Ph. GRULOOS.



- Pour les logements, cette variation se situe entre 4,5% (360 m² pour 16 niveaux de logements à 500 m² par étage) et 1,3% (832 m² pour 64 niveaux de logements à 1 000 m² par étage).
- La diminution entre l'emprise des locaux techniques des bureaux et ceux des logements à surfaces d'étages égales s'échelonne de 2,8% (-150 m²) à 1,2% (- 560 m²). Il faut noter que cette variation porte pour les logements sur des ensembles de 16 étages et pour les bureaux de 14 étages.

Figure 17
Evolution de l'emprise des locaux techniques en fonction de la surface brute des étages
et pour différents programmes et gabarits d'immeubles.



5.6. Simulation : Emprise des surfaces techniques par étage.

Les surfaces techniques par étage sont les surfaces occupées par des locaux sanitaires, domestiques, des trémies de F&E ou des locaux techniques associés à ces trémies.

En ce qui concerne les locaux sanitaires et domestiques, ils sont généralement accolés aux trémies de F&E. Mais nous avons vu plus haut que la tendance générale était, pour les bureaux, de les inclure dans les surfaces techniques et, pour les logements, de les intégrer dans les surfaces « des logements ». Pour pouvoir faire une comparaison, il faut donc observer leurs emprises dans les deux types de bâtiments.

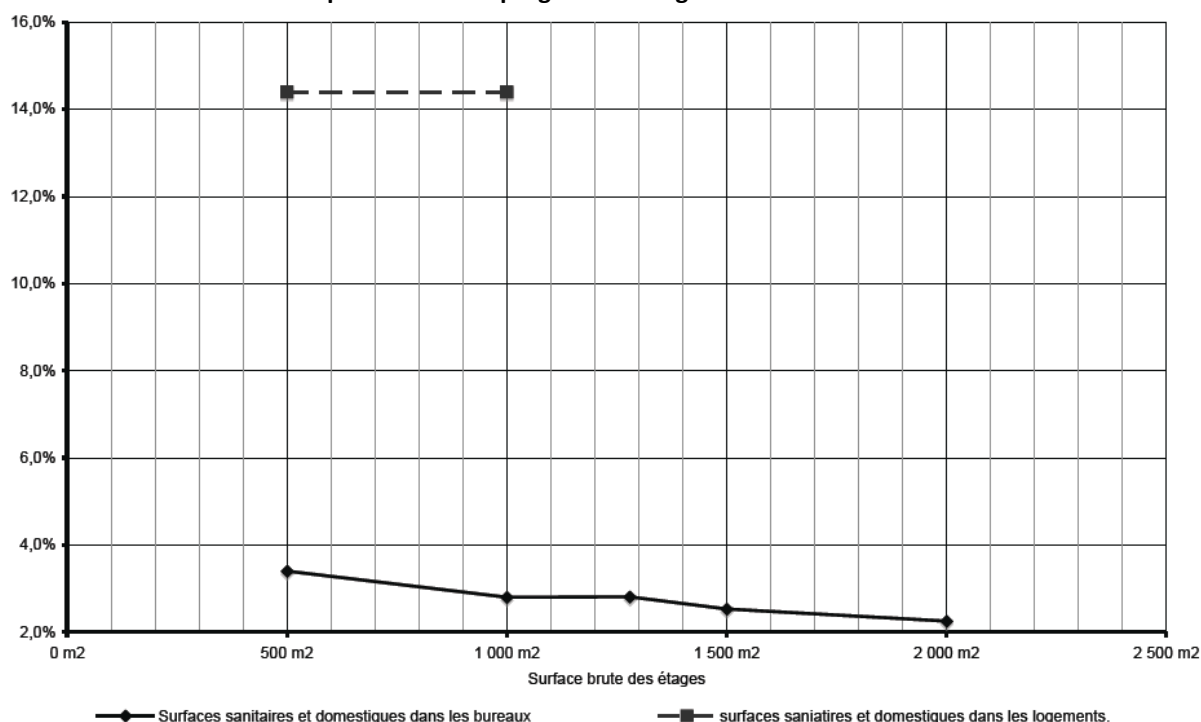
Les simulations exprimées dans les figures 18 et 19 montrent l'évolution de l'emprise des locaux sanitaires et domestiques et des trémies de F&E.

En ce qui concerne les locaux sanitaires et domestiques (fig. 18), on voit que :

- Dans les bureaux, cette emprise varie de 3,4% (500 m²) à 2,3% (2 000 m²) de la surface d'étage.
- Dans les logements, cette emprise est de 14,4% quelle que soit la surface d'étage (de 4 logements à 8 logements par étage avec les mêmes équipements).

Figure 18

Evolution de l'emprise des locaux sanitaires et domestiques en fonction de la surface brute des étages et pour différents programmes et gabarits d'immeubles.



En ce qui concerne les trémies F&E (fig. 19), on voit que :

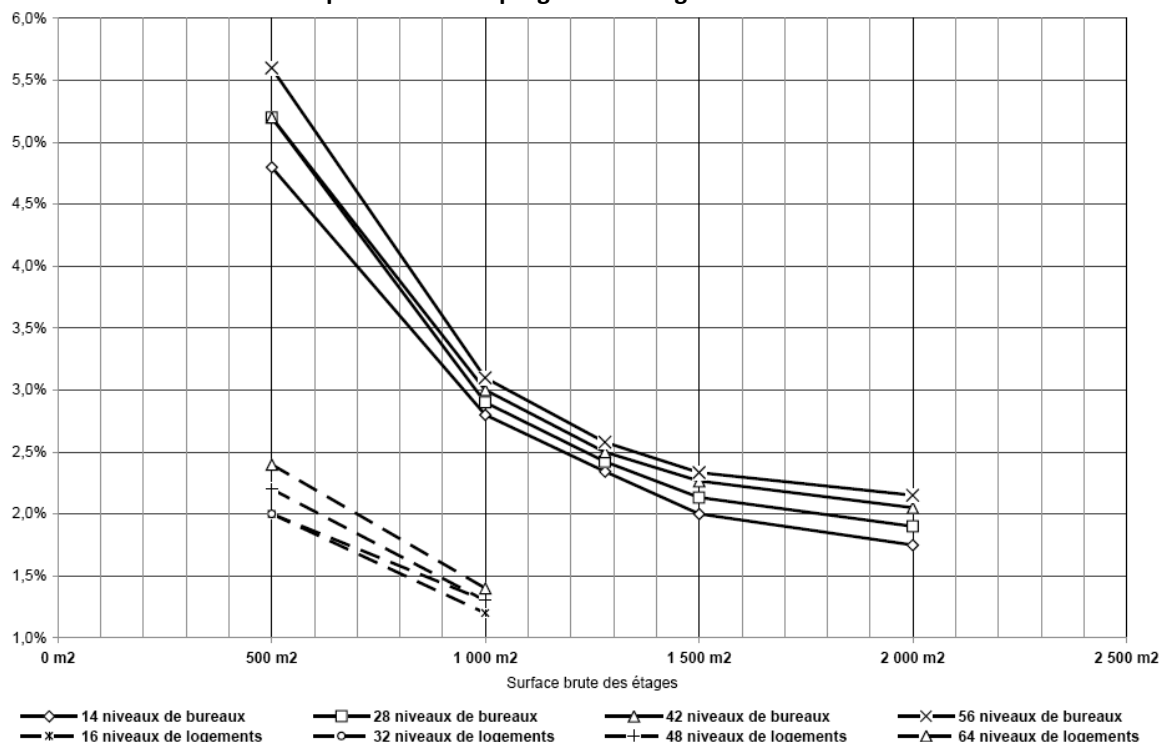
- L'emprise des trémies de F&E³⁶ augmente (légèrement) en fonction du nombre de niveaux desservis (voir fig. 17). Toutefois nous constatons aussi une augmentation relative de cette emprise qui est inverse à la surface brute des étages.
- Pour les bureaux, cette variation s'étend de 1,8% (36 m² pour 2 000 m²) à 5,6% (28 m² pour 500 m²).

³⁶ Deux trémies sont prévues, l'une pour assurer les liens entre les étages techniques, l'autre pour assurer le liens entre étages techniques et les étages.

- Avec une surface brute d'étages de 500 m², cette emprise se situe à $\pm 4,8\%$ (de $\pm 24\text{m}^2$ pour 14 niveaux à 28 m² pour 56 niveaux) et pour des étages de 2 000 m² elle est de $\pm 1,8\%$ (de $\pm 36\text{m}^2$ pour 14 niveaux à 44 m² pour 56 niveaux).
- Dans les logements, cette variation se situe entre 1,2% (12 m² pour 1 000 m²) et 2,4% (12 m² pour 500 m²). La différence s'explique par l'absence de locaux « répartiteurs » et « TGBT » aux étages de logements.

Figure 19

Evolution de l'emprise des trémies de F&E en fonction de la surface brute des étages et pour différents programmes et gabarits d'immeubles.



5.7 . Simulation : Evolution de l'emprise globale des surfaces techniques par étage³⁷.

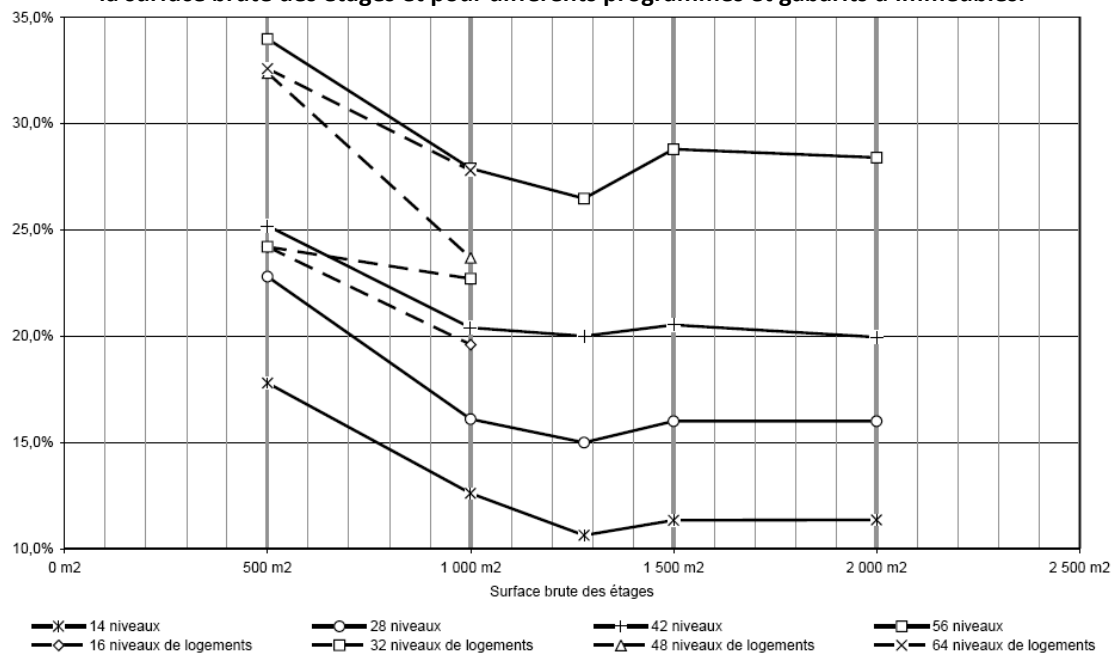
La figure 20 ci-dessous montre que :

- La surface technique globale (c'est-à-dire les trémies de circulations, les trémies des F&E et les locaux sanitaires et domestiques) augmente pour un bâtiment de bureaux en fonction, d'une part, du nombre d'étages (niveaux) desservis et, d'autre part, en fonction de la surface des étages.
- La plus grande proportion s'observe pour les surfaces brutes d'étages de 500 m² (de $\pm 18\% = 90\text{ m}^2$ pour 14 niveaux à $34\% = 170\text{ m}^2$ pour 56 niveaux) et la plus faible se rencontre pour une surface brute d'étage de 1280 m² (de $\pm 11\% = 140\text{ m}^2$ pour 14 niveaux à $27\% = 350\text{ m}^2$ pour 56 niveaux). Constats qu'il faut nuancer pour un bâtiment de 42 niveaux où la proportion semble s'équilibrer à 20% pour des bâtiments avec des surfaces brutes oscillant entre 1 000 à 2 000 m².
- Pour les logements, la proportion de ces surfaces est plus importante à surfaces d'étage égales. Cela provient des surfaces de locaux sanitaires et domestiques (qui sont inclus dans les logements) malgré des surfaces de circulation plus importantes dans les bureaux que dans les logements.

³⁷ A ces surfaces techniques, il convient d'ajouter celles prises par les parois et l'organisation des trémies entre-elles.

Figure 20

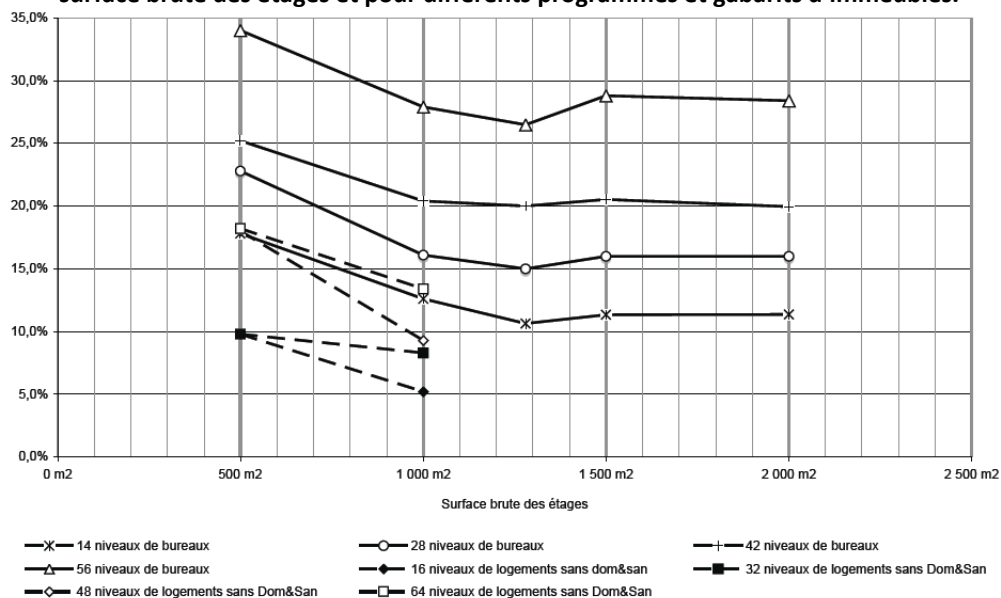
Evolution de l'emprise surfaces techniques globales (y compris sanitaires et domestiques) en fonction de la surface brute des étages et pour différents programmes et gabarits d'immeubles.



Toutefois dans le sens commun, le « noyau » de bâtiments de logements comprend uniquement les trémies de circulation et le cas échéant certaines trémies de F&E. La figure 21 montre les résultats de la simulation, quand on ne tient compte que de ces deux types de trémies. On y voit que l'emprise du noyau des logements est inférieure à celle des bureaux.

Figure 21

Evolution de l'emprise surfaces techniques globales (moins sanitaires et domestiques) en fonction de la surface brute des étages et pour différents programmes et gabarits d'immeubles.



5.8. Conclusions à propos des installations techniques.

- L'emprise relative des locaux techniques.
Pour des bâtiments à surfaces d'étages égales, elle diminue en fonction du nombre de niveaux et elle est toujours moindre pour des logements par rapport aux bureaux. Elle est la plus élevée pour des bâtiments avec des surfaces brutes d'étages de 500 m² et la moins élevée pour ceux avec des surfaces brutes d'étages de 2 000 m².
- L'emprise relative des trémies de F&E.
Elle augmente en fonction du nombre de niveaux. Elle est toujours plus élevée pour les bureaux que pour les logements. Par contre elle diminue quand la surface brute d'étage augmente.
- L'emprise relative des locaux sanitaires et domestiques.
Dans les bureaux, elle diminue en augmentant la surface brute d'étage. Elle est toujours plus élevée dans les logements par rapport aux bureaux.

5.9. Conclusions à propos de l'emprise relative de la surface technique par étage.

Elle augmente en fonction du nombre de niveaux et diminue en fonction de la surface brute d'étage avec toutefois, pour les bureaux, un minimum pour une surface de 1 280 m². En tenant compte des locaux sanitaires et domestiques dans les logements, à surfaces d'étages égales, elle est plus élevée dans les logements que dans les bureaux. Sans ces locaux, elle est toujours plus élevée pour les bureaux.

DEUXIEME PARTIE

APPROCHE ENERGETIQUE.

1. Estimation des puissances et des consommations en fonction du nombre d'étages.

1.1. Préambule.

L'estimation des puissances et consommations est complexe. Elles varient en fonction du type d'utilisateurs et de la manière dont ceux-ci agissent avec un souci d'économie d'énergie.

Les valeurs reprises dans les simulations sont celles qu'il faut fournir avec des installations techniques tout en ayant le souci de rechercher les ressources du bâtiment (inertie, isolation., pare-soleil...) et du site (lumière naturelle, ventilation naturelle, géothermie...) afin de réduire l'intervention des installations techniques et la consommation d'énergies.

Hypothèses retenues pour les simulations :

- Le débit de ventilation des locaux est de l'ordre d'un volume par heure (surface utile).
- Les besoins de chaleur sont estimés avec des surfaces fenêtres ³⁸ égales à 20% des surfaces de logements et pour les bureaux, elles représentent 60% des surfaces de façade. Un écart de température de 28K est considéré. Estimation des degj = 2000K.
- L'évaluation des besoins en courants forts comprend notamment une estimation des besoins de l'ensemble des installations de F&E (ventilation, désenfumage, chauffage, éclairage, eau...), de circulation (ascenseurs..).
- Les besoins en eau froide sont estimés à 100 litres par jour et par personne (l/jour/personne) pour les logements et à 40 l/jour/personne pour les bureaux.
- Les besoins en eau chaude sanitaire sont estimées dans les logements à 40 l/jour/personne et dans les bureaux à 5 l/jour/personne.
- Les besoins en froid dans les bureaux sont estimés avec des apports internes évalués à 20 W/m² ³⁹ de surface brute et des apports solaires par les fenêtres (double vitrage : g = 0,75) limités par des pare-soleil extérieurs (g = 0,2) pour les locaux orientés aux Sud, Est et Ouest et situés dans une « double peau ».

1.2. Estimation des puissances nettes par m².

La figure 22 ci-après simule l'évolution des puissances nettes par m² de surface brute pour différents postes énergétiques et gabarits d'immeuble. On fera trois commentaires :

- Les puissances par m² dans les bureaux, et dans une moindre mesure dans les logements, diminuent en augmentant les surfaces d'étages. L'augmentation des surfaces d'étages entraîne une amélioration de la compacité du bâtiment, une diminution relative de l'enveloppe, des surfaces de fenêtres et, par conséquent, une diminution des déperditions par les parois et des apports solaires par les fenêtres et murs.
- Toutefois les puissances de chauffage des bureaux sont toujours supérieures à celles des logements. Elles sont notamment dues aux plus importantes surfaces de fenêtres dans les

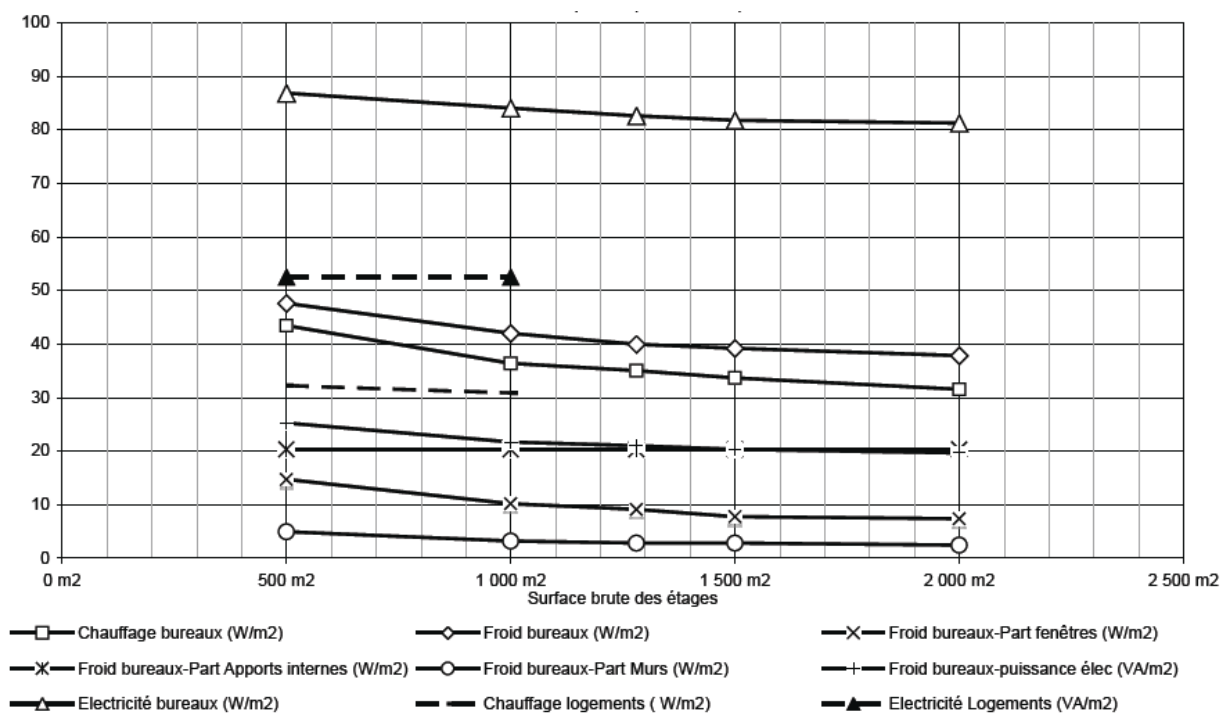
38 Les fenêtres ont un coefficient de déperdition thermique $U = 1,8 \text{ W/m}^2/\text{K}$. Les surfaces opaques un $U = 0,4 \text{ W/m}^2/\text{K}$.

39 Soit $\pm 29 \text{ W/m}^2$ surface utile – éclairage (10 W/m^2) ; bureautique (200 W/personne) ; les personnes (70 W/personne).

bureaux. Les déperditions par ventilation représentent dans les bureaux de 45% à 63% des déperditions et dans les logements de 68% à 76%.

- Les puissances de refroidissement sont relativement faibles. Il faut remarquer que les apports internes ($\pm 29 \text{ W/m}^2$) pourront compenser les déperditions dans les bureaux entre $2,5^\circ\text{C}$ et $7,3^\circ\text{C}$. Il faut également souligner qu'à partir de ces températures des risques de surchauffe existent.

Figure 22
Evolution des puissances nettes par m^2 (W/m^2) de surface brute pour différents postes énergétiques et gabarits d'immeubles.



On notera que les puissances de chauffage et de refroidissement sont données pour des bâtiments « carrés ». Lorsque nous concevons un bâtiment d'une profondeur de 19,2m, en fonction de la surface brute d'étage, la largeur varie de 26 m (500 m^2) à 104 m ($2 000 \text{ m}^2$). Cette modification de forme entraîne une augmentation des puissances nettes de chauffage de 1 W/m^2 (500 m^2) à 7 W/m^2 ($2 000 \text{ m}^2$) et de refroidissement de 1 W/m^2 ($1 000 \text{ m}^2$) à 7 W/m^2 ($2 000 \text{ m}^2$). Il faut immédiatement relativiser ces augmentations par une amélioration de la qualité de l'éclairage naturel due à l'augmentation de la surface de façade et de vitrages. Entraînant peut-être une diminution de l'éclairage artificiel.

1.3. Estimation des débits d'eau sanitaire.

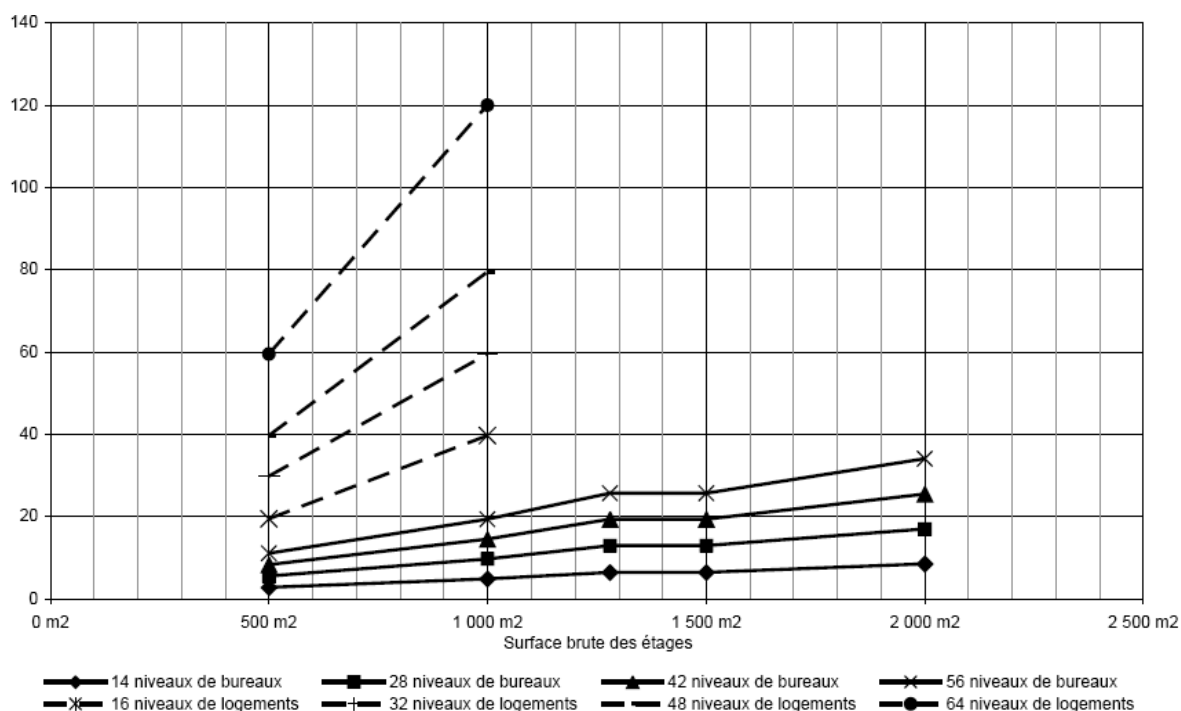
Dans les bureaux, il est tenu compte des WC et urinoir (en fonction du nombre de personnes), lavabos, éviers...

Dans les logements, les équipements de base des logements comprennent une salle de bains (2 lavabos et un bain), 1 salle de douche (1 douche et un lavabo), 2 WC, 1 cuisine avec 1 évier, lave-vaisselle et un lave-linge.

Les courbes de variation des débits sont montrées à la figure 23 :

Figure 23

Prévision de l'évolution des débits probables (l/s) d'eau sanitaire en fonction de la surface brute des étages et pour différents programmes et gabarits d'immeubles.



1.4. Estimation des consommations annuelles nettes par m².

Les consommations par an et par m² diminuent quand augmente la surface des étages.

1.4.1. Les consommations de chauffage et de froid (fig. 24).

Il faut relativiser les consommations de chauffage en fonction d'une part de la récupération d'énergie sur l'air extrait pour réchauffer l'air neuf et d'autre part en utilisant les apports internes.

Les consommations liées à la déperdition par ventilation varient dans les bureaux de 40 kWh par an et par m² (kWh/an/m²) à 54 kWh/an/m². Les échangeurs de chaleur pourraient récupérer jusqu'à 50% de ces quantités. Les apports internes peuvent compenser de 45% à 63% des pertes maximales.

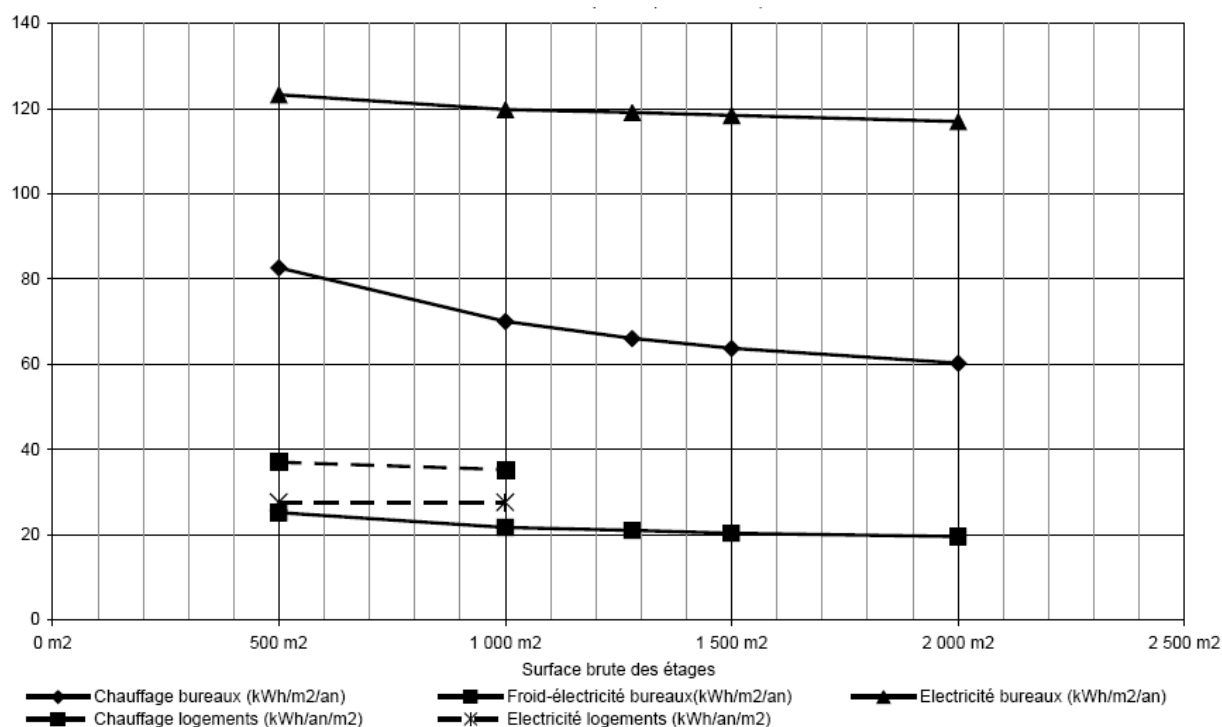
1.4.2. Les consommations électriques (fig. 24).

Les estimations pour les bureaux s'élèvent à $\pm 120 \text{ kWh/an/m}^2$ et pour les logements à $\pm 28 \text{ kWh/an/m}^2$. Il faut également les relativiser en fonction des types d'entreprise occupant les bureaux (privés ou publics). Cette consommation⁴⁰ s'élève en moyenne à 137 kWh/an/m^2 ⁴¹ pour les bureaux « privés » et à 72 kWh/an/m^2 ⁴² pour les bureaux publics (administrations...).

Pour les logements, une consommation moyenne de $\pm 3500 \text{ kWh/an}$ ⁴³ étant généralement admise pour des logements de 90 m^2 (utile ou 105 m^2 brut) constitués de 4 pièces plus une cuisine. Ceci équivaut à une consommation de $\pm 34 \text{ kWh/an/m}^2$. Mais, il faut aussi tenir compte dans ce cas des équipements qui ne sont pas habituellement présents dans un logement (ascenseurs, surpresseurs...).

Figure 24

Prévision de l'évolution des consommations annuelles d'énergies ($\text{kWh/m}^2/\text{an}$) par m^2 de surface brute et pour différents programmes et gabarits d'immeubles.



40 Institut de Conseil et d'études en développement durable asbl, « Bilan énergétique de la région de Bruxelles-Capitale 2004 », mai 2006, IBGE, Bruxelles, p. 157 & 174.

41 Cette consommation est de 157 kWh/an/m^2 pour les bureaux de plus de 10.000 m^2 et de 95 kWh/an/m^2 pour ceux de moins de 10.000 m^2 .

42 Cette consommation est de 88 kWh/an/m^2 pour les bureaux de plus de 10.000 m^2 et de 67 kWh/an/m^2 pour ceux de moins de 10.000 m^2 .

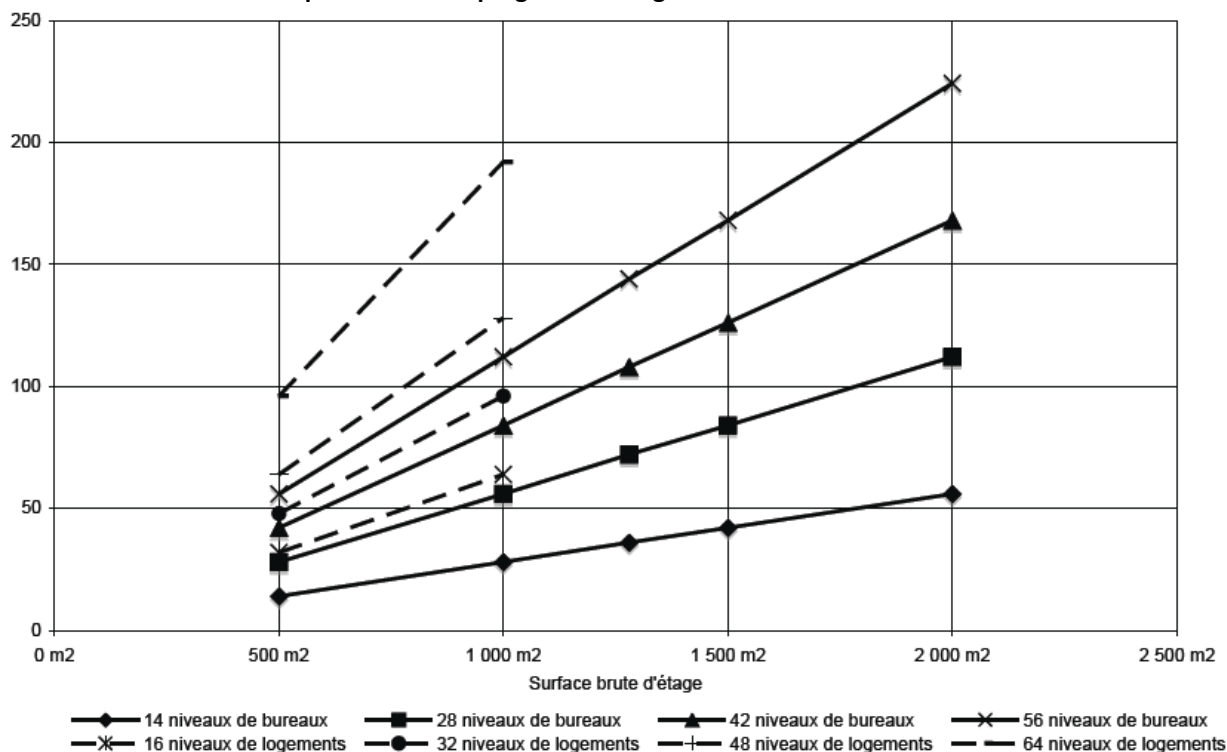
43 Cette valeur est proposée par EUROSTAT in Institut de Conseil et d'études en développement durable asbl, « Bilan énergétique de la région de Bruxelles-Capitale 2004 », mai 2006, IBGE, Bruxelles p.34. Une valeur de 7.500 kWh/an est annoncée pour des logements de 100 m^2 constitués de 5 pièces plus une cuisine.

1.4.3. Les consommations d'eau (fig. 25).

Elles sont bien plus importantes dans les logements (100 l/jour/personne) que dans les bureaux (40 l/jour/personne).

Figure 25

Prévision de l'évolution des consommations quotidiennes d'eau (m^3/jour) pour différents programmes et gabarits d'immeubles.



1.5. Conclusions à propos des puissances et consommations.

1.5.1. Les puissances et consommations de chauffage, de refroidissement et électriques diminuent en fonction de la surface brute d'étage. Ces variations sont sensibles pour tous les vecteurs énergétiques (chauffage, froid, électricité) dans les bureaux mais pas pour l'électricité dans les logements.

1.5.2. Les débits d'eau et consommations d'eau augmentent en fonction du nombre de niveaux et de la surface brute d'étage.

2. Critères de construction de tours écologiques et approches innovantes.

Les méthodes qui couvrent ces aspects et, en particulier, celles du LCA (Life cycle analysis - analyse du cycle de vie) et du LCC (Life cycle costing - analyse du coût réel de la construction 'tout au long de son existence') sont notamment les démarches « HQE »⁴⁴ (Haute qualité environnementale - Fr) ou celles proposées par le BRE (BREEAM- UK). Ces démarches proposent des référentiels pour intégrer « ...toutes les activités liées à la conception, la construction, le fonctionnement et la déconstruction d'un bâtiment. ».

- L'analyse du cycle de vie d'un bâtiment vise à déterminer et à maîtriser l'impact du bâtiment sur son environnement que ce soit au niveau des matériaux, énergies, déchets (CO2)... de l'eau, de la mobilité... Cette analyse prend en compte la consommation des matériaux et d'énergie lors de la construction, la maintenance, l'utilisation et son impact lors de sa démolition. Le choix des matériaux se fixant alors spécifiquement sur la quantité d'énergie nécessaire à leur fabrication dite « énergie grise ».
- L'analyse du coût du bâtiment vise à définir tous les coûts qu'il engendre pendant toute sa durée de vie de sa conception, construction à sa démolition (voir le point 2.1. à ce propos).

La « démarche HQE » en particulier s'appuie sur deux principes de base :

- Réduire l'impact du bâtiment sur l'environnement tout en visant la performance maximale et en cherchant à appréhender globalement l'économie d'un projet de construction au niveau de l'investissement et du fonctionnement.
- Réalisation d'exigences « cibles ». 14 cibles réparties en 2 domaines sont proposées. Des indicateurs opérationnels sont précisés pour chaque cible.

Le premier domaine vise la « maîtrise des impacts du bâtiment sur l'environnement extérieur ». Il comprend 7 cibles réparties en 2 familles :

- la première famille est de type éco-construction : (1) une relation harmonieuse avec l'environnement immédiat, (2) un choix intégré des procédés et produits de construction et enfin (3) le chantier à faibles nuisances.
- la seconde famille est de type éco-gestion : (4) gestion de l'énergie, (5) de l'eau, (6) des déchets d'activités, (7) de l'entretien et de la maintenance ;

Le second domaine vise à « créer un environnement intérieur satisfaisant ». Il comprend également 7 cibles réparties en 2 familles :

- la première famille est de type confort : (8) confort hygrométrique, (9) acoustique, (10) olfactif et (11) visuel ;
- la seconde famille est de type santé : (12) qualité sanitaire des espaces, (13) de l'air et de (14) l'eau.

La particularité de ces démarches est d'intégrer l'ensemble des questionnements soulevés par la conception et la construction d'un bâtiment. Une tour « écologique » doit au moins rencontrer les exigences de ce type de démarche. L'IBGE⁴⁵ propose déjà un ensemble d'outils - des éco-fiches permettant de préciser les questionnements et d'ébaucher des solutions.

44 Le site web de l'association HQE explique les buts et propose un référentiel (novembre 2001). D'autres méthodes existent comme US GREEN BUILDING COUNCIL-LEED (USA-1994), HK-BSE (Hong-Kong-1999), MINERGIE (Suisse-1996), PASSIVHAUS (Allemagne), TOTAL QUALITY (Autriche-2000).

45 Voir le site www.ibgebim.be et les pages consacrées à l'énergie, éco-construction, développement durable et éco-fiches. Pratiquement l'ensemble des exigences y sont abordés (matériaux (éco-matériaux) , énergie, ventilation, mobilité, eau..).

L'organisation des stationnements et la gestion des déchets (abordées dans la partie circulation) font partie de la 1^{ère} cible. La 7^e cible comprend e.a. des exigences liées à la facilité des accès aux installations techniques pour des opérations d'entretien, de maintenance... Questions qui reviennent souvent dans le fonctionnement du bâtiment et qui ne peuvent être rencontrées qu'en prévoyant des espaces de dimensions suffisantes.

Deux exigences seront plus amplement abordées dans le cadre de ce travail. La première correspond à la 2^e cible et concerne (2.1) l'adaptabilité et la durabilité d'un bâtiment. La seconde, vise à (4.1) la réduction de la consommation d'énergie primaire non renouvelable.

2.1. L'adaptabilité et la durabilité d'un bâtiment.

Ces exigences sont importantes pour préciser « le parcours de vie » escompté d'un bâtiment. Elles visent notamment à établir une adéquation entre les buts, les procédés de construction et les matériaux utilisés en évitant le « gaspillage » des ressources naturelles (énergie, matériaux...). Tout en se conformant aux souhaits du maître de l'ouvrage, il faut l'inciter à réfléchir à ces types d'exigences. Elles sont définies par plusieurs notions⁴⁶.

- La durée de vie du bâtiment :

Pendant combien de temps sera-t-il utilisé ? Quelle est la durée de vie de ses composants ? Plusieurs sources⁴⁷ mentionnent pour la structure portante du bâtiment une période de 50 à 75 ans, pour les éléments de production, de branchement et de liaisons des installations de 15 à 20 ans, pour les appareils (WC, luminaires...) des installations de 10 à 15 ans, pour les aménagements fixes et mobiles ± 10 ans et pour les finitions de 5 à 10 ans. Le remplacement des finitions est le plus rapide en fonction de l'usure et du souhait de chaque utilisateur de vivre dans une ambiance qui lui convient. Les éléments d'installations vieilliront et seront remplacés... Quels accès sont prévus pour les remplacer sans en démonter d'autres et surtout comment éviter que des travaux dans un étage engendrent des nuisances fonctionnelles dans les autres étages du bâtiment ?

- Sa flexibilité :

Quelles dispositions sont prises pour reconfigurer le plan spatial intérieur d'un bâtiment et de son aménagement en prévision de l'évolution des usages... ? C'est particulièrement vrai pour les bureaux. Ils peuvent évoluer entre plusieurs types⁴⁸ : les bureaux individuels, de groupes, d'équipes ou paysagers. Comment les installations techniques sont-elles organisées pour permettre ces adaptations ?

- Son évolutivité :

Quelles dispositions sont prises pour adapter le bâtiment à des évolutions ou changements technologiques ? Tout en observant une certaine « miniaturisation » des composants d'installations, il faut constater que le nombre d'installations ne fait qu'augmenter dans un bâtiment : Qu'est ce qui est prévu pour les y intégrer ?

- Son extensibilité :

Comment le bâtiment peut-il être agrandi ? Si des phasages sont prévues, comment seront-ils connectés aux parties existantes ?

- Sa convertibilité :

Quelles dispositions sont prises pour adapter le bâtiment à un changement radical d'usage ? Aujourd'hui, le bâtiment est un bureau, demain, du logement collectif ou un

46 Notions développées notamment dans le référentiel de HQE.

47 Notamment Walter KEYNER et Marcel VAN ROSMALEN, « Bouwkosten Management », Berenschot Osborne, Elsevier, Doetinchem, 2001, p.86.

48 Notions développées dans l'ouvrage « Guide d'aide à l'utilisation de l'éclairage artificiel en complément à l'éclairage naturel » par A De Herde et M.Bodart, Architecture & climat (UCL) et Ministère de la Région wallonne, 1999, p. 174.

hôtel.... Cela implique qu'il faut prévoir des locaux techniques, des trémies de circulation et de fluides, des hauteurs techniques et d'étages en adéquation avec tous ces usages.

La localisation des trémies de fluides et de circulation est alors particulièrement importante. Les trémies de fluides sont associées aux locaux sanitaires et cuisines situés dans les logements alors que pour les bureaux, ils sont situés au sein d'un noyau technique. Une proposition harmonisée est à définir.

La mixité d'un bâtiment est une extension de cette notion. Le bâtiment, est-il prévu pour des bureaux, du logement, un hôtel ? Un ensemble d'étages peut y être affecté au bureau, un autre au logement et un autre encore à l'hôtel. Faut-il envisager cette mixité pour le bâtiment ou le quartier ?⁴⁹ Si la mixité a des avantages, elle induit des questions liées à la sécurité et la séparation des accès au bâtiment, à l'organisation des installations et des transferts de fluides, exige des surfaces techniques d'étage plus importantes et engendre des coûts d'investissements plus élevés.

- Sa déconstruction :

Comment limiter l'impact du bâtiment sur l'environnement lorsqu'il sera démoli en fin de vie ? Est-il démontable, peut-on séparer les matériaux, les valoriser... ?

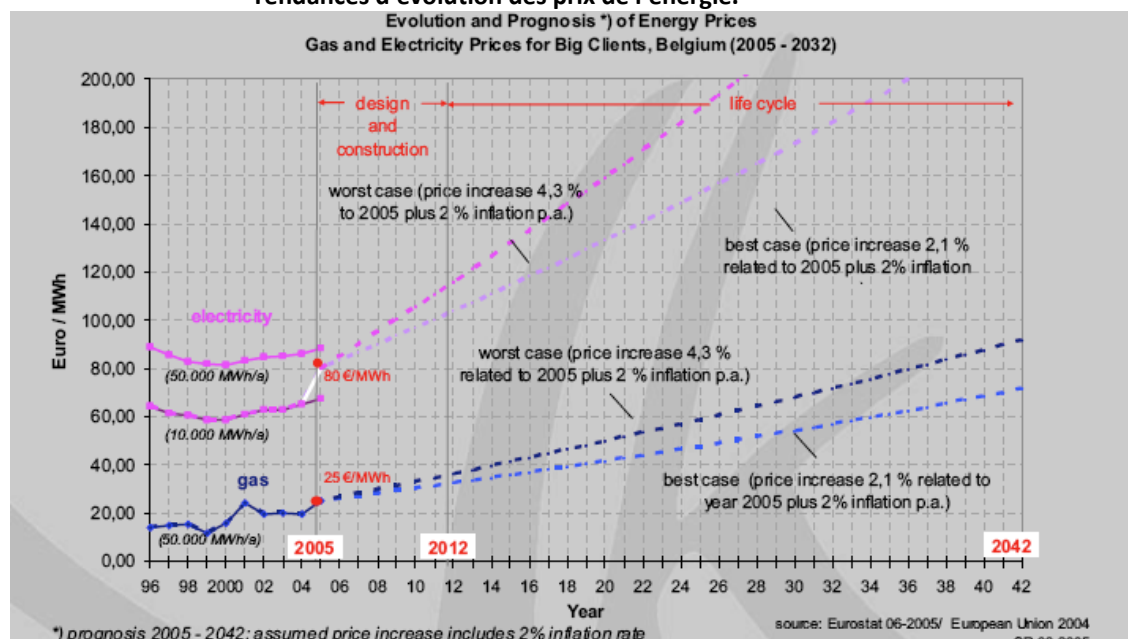
Ces notions influencent non seulement l'organisation des espaces d'activités d'un bâtiment, mais aussi celle de tous les systèmes techniques. Il faut s'y attacher pour concevoir des bâtiments élevés en adéquation avec leurs usages, non seulement immédiats mais surtout en accord avec un éventail de possibilités de développements locaux, régionaux, voire internationaux.

2.2. Réduire la consommation d'énergie primaire non renouvelable.

Comment peut-on intégrer dans les bâtiments élevés des dispositifs permettant de réduire les consommations d'énergies (les puissances, le CO₂...) sans perte importante de confort ? Le coût des énergies et matières augmente (voir fig.25⁵⁰). Une réduction des émissions de CO₂ est nécessaire.

Figure 26

Tendances d'évolution des prix de l'énergie.



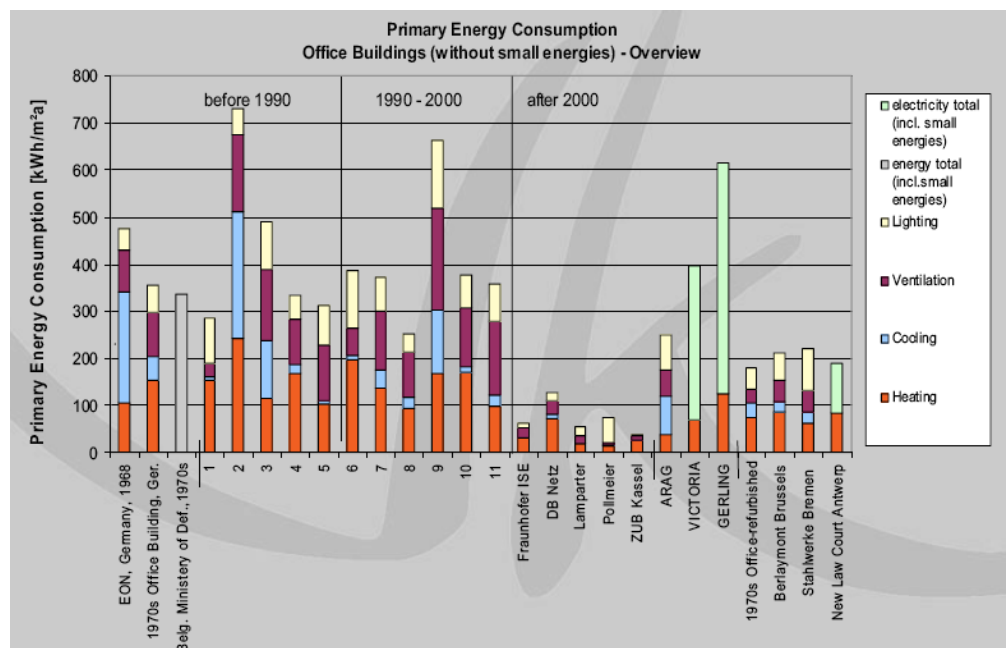
49 Question posée par Kim VERDONCK in « Towers back in town ? », revue Schuman's place, n°3, mai-juin 2007, p 10.

50 Illustrations issues de la conférence de Dirk SLABBINCK à propos du Nouveau palais de justice d'Anvers en Juin 2006 (ATIC). Dirk SLABBINCK est ingénieur et responsable du développement de technologies nouvelles chez VK ENGINEERING.

Une certaine conscientisation des utilisateurs à ces questions est perceptible au regard de l'évolution des demandes d'énergie dans les bureaux (voir fig. 27). Cette prise de conscience devrait aussi conduire les habitants à exiger des bâtiments à basse énergie voire des bâtiments passifs. Ces notions sont déjà bien introduites en Allemagne⁵¹.

Figure 27

Evolution de la consommation en énergie primaire dans les immeubles de bureaux.



2.3. Une « approche intégrée »⁵².

L'approche intégrée vise la réduction des consommations en concentrant l'effort de conception du bâtiment sur la relation « bâtiment – site – installations ». Ceci implique :

- Eviter les surdimensionnements des puissances, des demandes en énergies et matières d'un bâtiment – en définissant notamment des performances de confort adéquates ;
- Rechercher les solutions les plus efficaces pour atteindre ces demandes en utilisant d'abord les moyens « naturels » et compléter leurs actions en recourant aux installations « artificielles » ;
- Adopter des formes et orientations efficaces pour :
 - Agir sur la compacité du bâtiment ;
 - Favoriser la ventilation naturelle;
 - Favoriser les apports solaires en hiver dans les logements;
 - Favoriser l'éclairage naturel des locaux pour réduire la demande d'éclairage artificiel ;
- Concevoir des enveloppes performantes pour :
 - Éviter les déperditions (isoler, réduire les surfaces de fenêtres, ...) ;
 - Éviter l'infiltration d'air (étanchéité à l'air...) ;
 - Éviter les surchauffes en limitant les apports solaires (limiter les surfaces de fenêtres, disposer des pare-soleil) et les apports internes (éclairage artificiel, bureautique...) ;
 - Éviter l'éblouissement ...

51 Elles y aboutissent parfois à la réalisation de bâtiments producteurs de plus d'énergie électrique qu'ils n'en consomment.

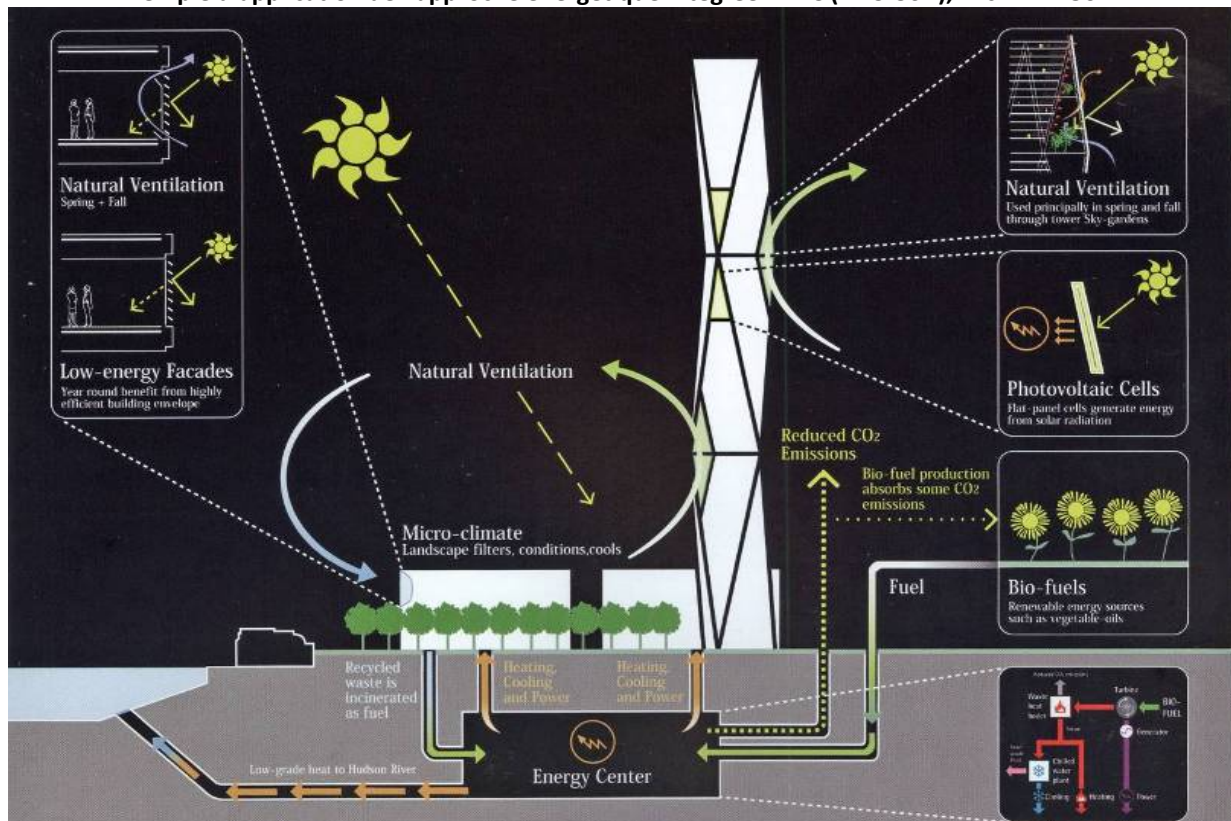
52 Klaus Daniels, « Advanced building systems », Brikhauser, Berlin, Basel, Boston, 2003, pp 12 à 21 et 42. Les principes de cette démarche sont complétés par ceux décrits dans « Thermique des bâtiments de bureaux », A De HERDE et Elisabeth GRATIA, Architecture et climat, UCL, pp 68 à 69.

- Prévoir des organisations spatiales et des modes constructifs permettant d'agir adéquatement sur les parois pour :
 - Disposer d'une masse (inertie) thermique qui absorbe la chaleur pour la restituer ensuite (cela retarde, en hiver, le refroidissement et, en été, le réchauffement) ;
 - Éviter de masquer ces masses thermiques par des contre parois (faux plafond, faux plancher, contre cloisons...)
 - Favoriser la diffusion de la lumière (naturelle et artificielle) en adoptant des parois claires ;
- Penser la façade comme « paroi polyvalente » pour :
 - Ventiler naturellement le bâtiment tout en évitant les infiltrations d'air « sauvages » ;
 - Se protéger des bruits du site ;
 - Capter la lumière naturelle, les apports solaires ou de se protéger de ceux-ci quand il le faut (vitrage clair avec pare-soleil extérieur, éviter l'éblouissement...)
- Créer, le cas échéant, des espaces verticaux (atrium, double façade) pour créer des effets de cheminée et favoriser la ventilation transversale des espaces.
- Concevoir des installations techniques de manière à :
 - Compléter les niveaux de confort après utilisation des sources d'énergies du site (géothermies, solaire thermique et photovoltaïque);
 - Associer leurs productions (électricité, chaleur, froid, eau chaude sanitaire, la co- et tri-génération...).
 - Permettre des rendements élevés et capables de s'adapter aux besoins (régulation).

Les principes de cette approche sont appliqués par N. FOSTER pour l'une des futures tours du WTC (fig. 28) notamment le centre d'énergie avec l'association de production par tri-génération, la ventilation naturelle...

Figure 28

Exemple d'application de l'approche énergétique intégrée. WTC (NYC-USA), Arch. N. FOSTER.



Cette approche propose entre autre :

- Une ventilation naturelle au printemps et automne ;
- Des façades « intelligentes » constituées de systèmes permettant d'accepter ou de se protéger de l'énergie solaire ;
- Un centre d'énergie visant une réduction substantielle de l'émission des gaz à effets de serre notamment par une intégration de systèmes de production de type tri génération produisant de la chaleur, de l'électricité et du froid par absorption en recyclant des déchets comme « combustible » ; en utilisant des bio-carburants et l'énergie photovoltaïque ; en évacuant la chaleur « excédante » vers l' Hudson.

D. SLABBINCK a comparé les caractéristiques d'un bâtiment (de bureaux) du futur conçu selon cette approche à celles d'un bâtiment (de bureaux) standard actuel ⁵³:

	Bâtiment (bureaux) standard	Bâtiment (bureaux) du futur
Confort thermique	<ul style="list-style-type: none"> - Façades pleinement vitrées ; - Faux plafonds ; - Pas de masse thermique ; - Systèmes de refroidissement actifs. 	<ul style="list-style-type: none"> - Façades « intelligentes » ou « polyvalentes » ; - Pas de faux plafonds ; - Importantes masses thermiques ; - Des systèmes de refroidissement tempérés (rayonnants) ; - Accepter des périodes de confort réduit (max 28°C pendant moins d'1% des heures de travail). La température de 24°C est une condition normale en régime estival.
Eclairage	<ul style="list-style-type: none"> - Faible utilisation d'éclairage naturel avec des vitrages de faible transmission ; - Utilisation permanente d'éclairage artificiel. 	<ul style="list-style-type: none"> - Utilisation de l'éclairage artificiel en complément de l'éclairage naturel (absence ou insuffisance).
Ventiler	<ul style="list-style-type: none"> - Fenêtres fixes ; - Avec une ventilation mécanique permanente. 	<ul style="list-style-type: none"> - Fenêtres ouvrantes ; - La ventilation naturelle lorsque les conditions extérieures le permettent.

Un concepteur peut guider sa réflexion selon plusieurs types de référentiels. Parmi ceux-ci, il y a l'approche basée sur les exigences de confort thermique, respiratoire, visuel et acoustique. Des concepts ou stratégies d'organisation sont alors élaborés à propos de l'implantation, la forme, l'orientation, le chauffage, le refroidissement, l'éclairage (naturel), la ventilation (naturelle) ... du bâtiment. Ces stratégies combineront les moyens naturels et artificiels pour atteindre les exigences de confort souhaitées.

Des expériences se déploient actuellement dans ce sens à différents niveaux.

La stratégie de chauffage comprend les principes de forme et implantation (compacité, organisation des espaces, orientation), de protection (d'isolation thermique et d'étanchéité à l'air), de captage de chaleur solaire, d'inertie thermique (stockage de chaleur), de ventilation hygiénique (limiter les débits à ce qui est nécessaire), d'installation de

⁵³ Le concept et la description furent l'objet d'un exposé intitulé « Immeubles de bureaux du futur – le nouveau palais de justice d'Anvers » le 1 juin 2006.

chauffage⁵⁴ à eau chaude avec émetteurs rayonnants pour compléter les stratégies naturelles.

La stratégie de refroidissement comprend des principes de forme et implantation (limiter les surfaces de fenêtres, orientation), de protection (éviter les apports solaires, pare-soleil, type de vitrages...), de limitation des apports internes (éclairage artificiel en complément de l'éclairage naturel, limitation des puissances de bureautique, gestion de l'occupation..), de refroidissement naturel (diurne ou nocturne), d'installation de refroidissement (climatisation) avec système d'émission statique et rayonnant plutôt que dynamique (plafonds froids, dalle refroidie, poutres froides...).

Ces deux stratégies montrent que la ventilation naturelle et l'éclairage naturel sont deux moyens pour agir sur le climat intérieur. Quels dispositifs font-ils intervenir dans une réflexion de conception ?

2.4. La ventilation naturelle.

Ses buts sont d'apporter l'air nécessaire pour assurer la ventilation hygiénique pour les occupants, la ventilation intensive et le refroidissement naturel (nocturne) des locaux.

Deux « moteurs » en assurent le fonctionnement :

- Le vent qui provoque des surpressions et dépressions sur les différentes façades et génère une ventilation croisée ou transversale⁵⁵. Une profondeur d'étage équivalente à au plus 5 fois la hauteur de niveau est recommandée⁵⁶. La vitesse du vent augmente en fonction de la hauteur du bâtiment et peut graduellement devenir pénalisante. Outre le type d'ouvrant qu'il faut adapter (plutôt des coulissants ou projetant que des tombants ou battants), il faut aussi prévoir des dispositifs permettant de « casser » l'effet du vent ;
- L'effet de cheminée est provoqué par la différence de densité entre l'air chaud (évacué) et l'air froid (apporté). Des cheminées voire des atriums en sont des composants essentiels.

Hormis les environnements pollués dans lesquels il n'est pas conseillé d'utiliser la ventilation naturelle, son fonctionnement est satisfaisant pendant une grande partie de l'année ($\pm 2/3$ de l'année)⁵⁷ lorsque :

- La température extérieure se situe entre 7° et 22°C. De 0° à 7°C, la ventilation hygiénique des locaux est généralement assurée par des systèmes double flux munis d'échangeur de chaleur. En dessous de 0°C, l'échangeur est court-circuité afin d'éviter les risques de gel ;
- Au-delà de 22°C, le refroidissement nocturne naturel (ou mécanique) permet de limiter la production de froid. Le refroidissement diurne en été n'est possible que lorsque la température extérieure est inférieure à la température intérieure ;
- La surface utile affectée à une personne se situe entre 10 à 15 m² ;
- Les gains de chaleur internes moyens par m² de surface utile s'y limitent entre 25 à 35 W ;
- Elle est associée à une inertie thermique suffisante et accessible pour « stocker » la chaleur avant de l'évacuer (stratégie de refroidissement) ;

54 Dans les maisons passives, l'installation de chauffage « disparaît ». La chaleur nécessaire pour compenser les déperditions par les parois est apportée par l'installation de ventilation en augmentant la température de l'air et pas nécessairement le débit d'air.

55 A DE HERDE et E. GRATIA montrent aussi des exemples de ventilation « unilatérale » dans leur ouvrage « Thermique des immeubles de bureaux ».

56 Cette proportion est recommandée dans un article intitulé « La ventilation naturelle » paru dans, Aplus n° 187. La profondeur d'un étage avec des hauteurs de niveaux de 2,6m ne doit pas dépasser ± 13 m.

57 Estimation avancée par Dirk SLABBINCK.

- La conception du bâtiment intègre les exigences d'orientation du bâtiment, de taille des fenêtres, de disposition de pare-soleil ;
- Les grilles de circulation d'air disposent de systèmes d'isolation acoustique dans des environnements bruyants.

L'influence sur la forme, l'enveloppe et les composants du bâtiment sont indéniables. Il faut :

- Une profondeur de bâtiment adaptée pour permettre une ventilation transversale ;
- Des dispositifs verticaux pour assurer l'effet de cheminée (cheminées ou atriums) ;
- Des dispositifs permettant de gérer l'apport et l'évacuation d'air extérieur (grille, ouvertures pour ventilation nocturne..) ;
- Des fenêtres ouvrantes...

2.5. L'éclairage naturel.⁵⁸

Le but est de profiter de l'éclairement naturel pour réaliser des économies d'énergies en réduisant les consommations électriques des appareils d'éclairage artificiel, les gains de chaleur et la production de froid. Elle peut se réaliser par une augmentation des surfaces de fenêtres en modifiant la forme et le périmètre du bâtiment. Ce qui implique immédiatement une augmentation de ses déperditions thermiques et apports solaires. Il faut donc restituer ces économies par rapport à ces éventuelles augmentations pour évaluer le bilan global de l'éclairage naturel. Il faut dès lors des dispositifs pour :

- Capter la lumière naturelle en évitant des pertes de lumière liées aux caractéristiques des vitrages, pare-soleil ou autres obstacles. La hauteur d'une fenêtre dans un espace augmente le niveau d'éclairement au fond du local, mais elle peut se réduire sous une fenêtre haute. Un puits de lumière, un atrium par exemple, peut capter et guider la lumière naturelle vers des espaces « intérieurs » limitrophes ;
- Guider la lumière naturelle afin qu'elle puisse atteindre une grande partie de la surface de travail. La profondeur d'un local ne devrait pas dépasser 2 fois la hauteur de linteau d'une fenêtre pour pouvoir éclairé naturellement au moins 80% de la surface de travail d'un espace. Pour une hauteur de linteau de fenêtres situées à 2,6m, la profondeur du local ne devrait pas dépasser les 5,2m. La hauteur d'un espace ne modifie pas la distribution de la lumière. Les facteurs de réflexions des parois doivent être élevés (parois claires) . Il est conseillé d'éviter les ombrages provoqués par le mobilier...
- Éviter l'éblouissement en disposant les plans de travail perpendiculairement aux fenêtres.

Pour réduire les consommations électriques liées à l'éclairage artificiel, il faut :

- Subdiviser l'éclairement artificiel d'un espace en un éclairage général, d'un niveau plus faible, qui sera complété par un éclairage local pour atteindre la quantité de lumière nécessaire. Les puissances à installer seront plus faibles ;
- Organiser l'allumage de l'éclairage artificiel en zones, les luminaires proches des fenêtres s'éteignent d'abord et ceux qui en sont éloignés restent allumés ;
- Choisir des lampes et luminaires performants, une puissance électrique par m² de surface utile de 2,5 W pour 100 lux ne devrait plus être dépassée ;
- Adapter l'utilisation de l'éclairage artificiel en fonction :
 - De la quantité de lumière naturelle : la quantité de lumière naturelle sur une surface de travail varie en fonction des saisons, de la nébulosité et de l'orientation. Par ciel

⁵⁸ Les différentes possibilités de capter la lumière naturelle et leurs performances sont décrites dans l'ouvrage de A. DE HERDE et M. BODART, « Guide à l'utilisation de l'éclairage artificiel en complément de l'éclairage naturel ». Les principales informations sont issues de cet ouvrage.

clair, elle est généralement suffisante. Par ciel couvert, elle décroît rapidement quand on s'éloigne des fenêtres. Une orientation au Nord donne une lumière plus uniforme ;

- Du type (variable, intermittente, complète..) et du taux d'occupation (forte, faible...).

Ces dispositifs influencent la forme, l'enveloppe et les composants d'un bâtiment et demandent :

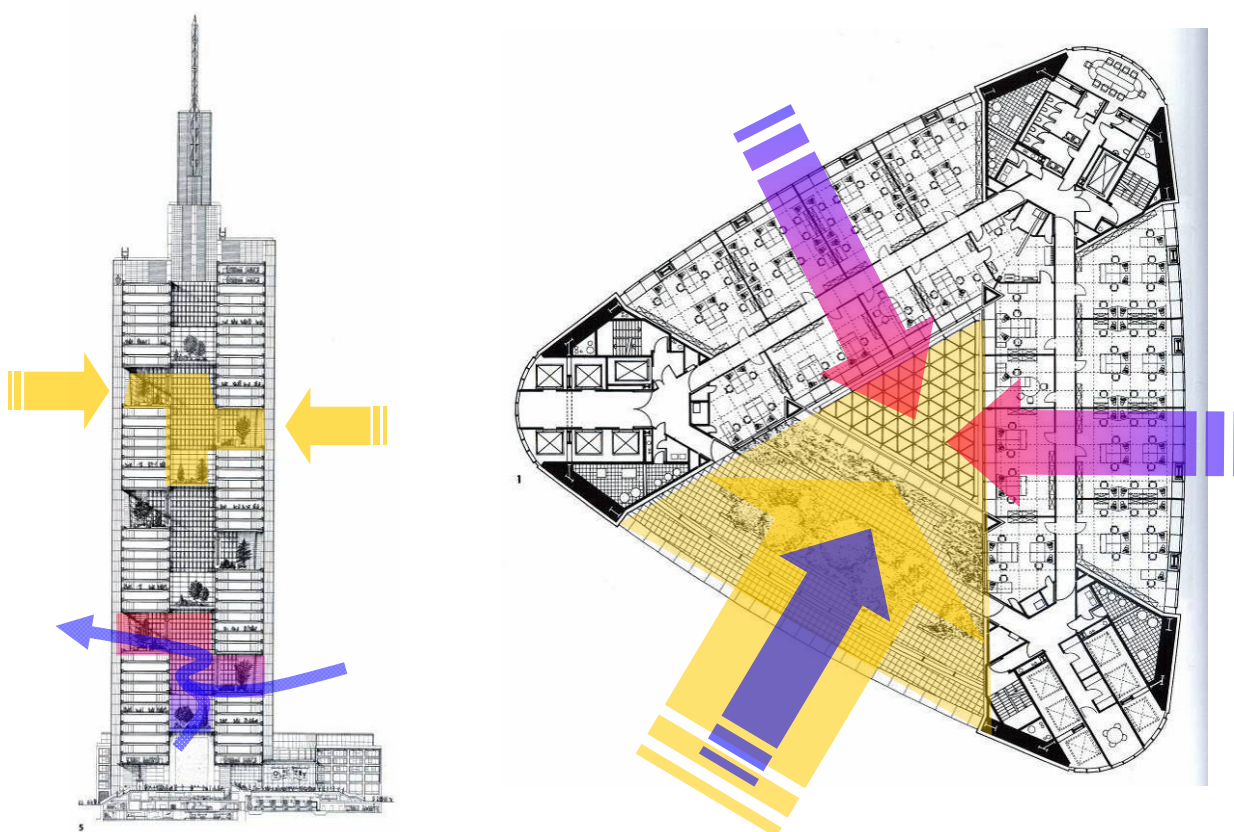
- Une profondeur adaptée afin d'éclairer naturellement une large part de la surface de travail. Une profondeur de bâtiment de ± 13 m peut ici convenir avec deux façades,
- Des dispositifs verticaux pour favoriser l'éclairage naturel de bâtiments profonds (puits de lumière ou atriums),
- Des fenêtres plutôt hautes pour éclairer en profondeur ;
- Des vitrages favorisant la transmission de la lumière.
- Des protections (fixes ou mobiles) aux fenêtres pour éviter l'éblouissement ou la surchauffe.

2.6. Des approches innovantes.

2.6.1. La Commerzbank (Frankfurt, 260m) est un exemple d'approche intégrée dans un bâtiment élevé (fig. 29 a et b). De forme triangulaire, il est composé de trois branches de bureaux entourant 3 atriums de 12 étages.

Figures 29a et 29 b

Commerzbank, Frankfurt (DE), Arch. N. FOSTER.



Ces atriums sont situés au centre du bâtiment et ont des ouvertures alternées vers les trois façades par des « espaces jardins » d'une hauteur de 4 étages. La ventilation naturelle et l'éclairage naturel y sont largement utilisés ⁵⁹.

⁵⁹ Les informations de cette partie sont issues de l'ouvrage de Klaus DANIELS, « The technology of the ecological building », Birkhäuser, Basel, Boston, Berlin, 1997, pp. 90 à 95.

- Eclairage naturel.

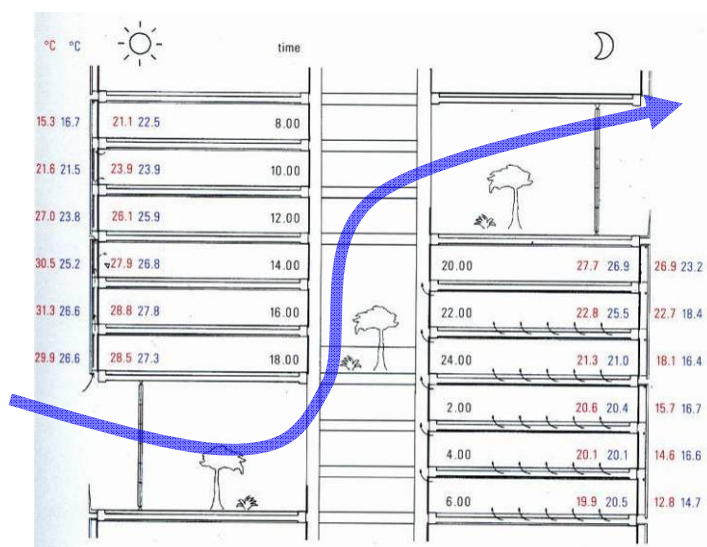
Les larges ouvertures des « espaces jardins alternés » favorisent la pénétration de la lumière naturelle au centre du bâtiment et cela sur toute sa hauteur. Les bureaux limitrophes à l'atrium bénéficient de cet apport de lumière naturelle alors qu'ils sont trop éloignés des façades pour recevoir la lumière naturelle qui en provient.

- Ventilation naturelle.

Un effet de cheminée est induit dans chaque atrium entre les ouvertures basses et hautes situées au niveau de chaque espace jardin. Cet effet de cheminée permet l'évacuation de l'air des bureaux limitrophes. La ventilation transversale des bureaux est complétée par l'apport d'air provenant des façades ayant la forme d'une double peau. La profondeur des bureaux est limitée afin de favoriser le bon fonctionnement de cette ventilation transversale. Lorsque le vent est faible, les « espaces jardins » sont largement ouverts pour accélérer l'effet de cheminée dans l'atrium.

Figure 30

Ventilation naturelle via les atriums de la Commerzbank de Frankfurt (DE), Arch. N. FOSTER.



Le bâtiment est aussi muni d'un système de ventilation hygiénique mécanique minimale. Chaque utilisateur a le choix de recourir soit au système mécanique (pulsé par un faux plancher) soit au système naturel en ouvrant la fenêtre.

Les simulations montrent que pour des températures extérieures atteignant $\pm 31^{\circ}\text{C}$, la température intérieure peut s'élever jusqu'à 29°C mais qu'en une nuit, elle redescend $\pm 20^{\circ}\text{C}$ grâce à la ventilation naturelle nocturne, complétée lorsque la température extérieure est trop élevée, par un système de refroidissement par la dalle de plancher.

La masse thermique des planchers est essentielle à ce processus de refroidissement. Elle accumule la chaleur pendant la journée afin d'une part, d'éviter des élévations de températures intérieures trop importantes et, d'autre part, de l'évacuer par la ventilation naturelle nocturne et le système de refroidissement actif de dalle.

Pendant 70% du temps, la ventilation naturelle suffit pour refroidir le bâtiment et y assurer un climat intérieur confortable. Pendant 15% du temps, lorsque la température extérieure est trop importante, il faut recourir à la combinaison d'un système de climatisation avec de l'air refroidi et des dalles refroidies. Le restant du temps, la ventilation avec l'air frais extérieur (sans traitement thermique) suffit. Par cette combinaison de systèmes, la

consommation d'énergie annuelle s'échelonne de 3 et 16 kWh par m² alors que pour des bureaux « standards » elle varie de 16 à 33 kWh par m².

2.6.2. Palais de justice d'Antwerpen.⁶⁰

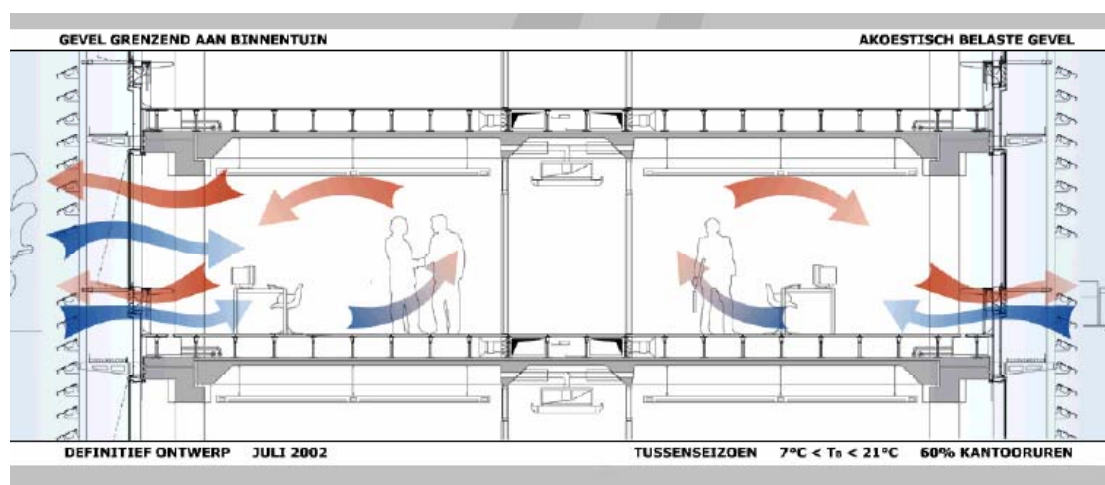
Des concepts semblables sont utilisés dans le palais de justice d'Anvers (fig.31). Des stratégies spécifiques de ventilation, de chauffage et de refroidissement sont organisées pour l'hiver, l'été et la mi-saison.

En hiver, la ventilation hygiénique du bâtiment se réalise par un système de ventilation mécanique. Le chauffage par un système à eau chaude avec convecteurs. En mi-saison, la ventilation hygiénique se réalise par des moyens naturels et le chauffage fonctionne si c'est nécessaire.

En été et en journée, la ventilation hygiénique se réalise mécaniquement. Le refroidissement est assuré par un système de dalle refroidie. La nuit, l'air frais extérieur est pulsé mécaniquement dans les locaux et évacué par les façades.

Les simulations montrent qu'une température intérieure de plus de 25°C peut apparaître pendant au plus 5% du temps ($\pm 180h$) et qu'elle peut dépasser les 28°C pendant $\pm 36h$ soit 1% du temps. L'installation de refroidissement y agit pendant $\pm 1\,000h$ (au lieu de 2 400h dans un bâtiment « standard »). La consommation d'énergie y est réduite de moitié par rapport à des bureaux standards.

Figure 31
Palais de justice d'Antwerpen (BE), Arch. R. ROGERS.



⁶⁰ Les informations de cette partie sont issues de l'exposé de Dirk SLABBINCK en 2006 intitulé « Immeubles de bureaux du futur- Nouveaux palais de justice d'Anvers ».

2.6.3. Innovation au niveau de la façade ⁶¹.

La façade est l'interface entre le bâtiment et son environnement. Le concept de façade « polyvalente » ou « intelligente » désigne une paroi permettant :

- De capter la lumière naturelle et les apports solaires (en hiver) ;
- De se protéger des apports solaires (en été voire en mi-saison), des bruits, des intempéries ... ;
- D'assurer l'étanchéité à l'air tout en permettant un apport d'air naturel pour la ventilation hygiénique ou le refroidissement naturel ;
- De permettre l'ouverture des fenêtres.

La réalisation de cet interface dans les bâtiments élevés implique que les composants satisfassent aux exigences de stabilité et de résistance mécanique liées aux sollicitations du vent.

Les façades de certains bâtiments, des logements entre autres, sont conçues sans précautions particulières. Les parties ouvrantes des fenêtres y sont généralement de type coulissant ou à guillotine afin de répondre aux risques du vent. Les pare-soleil y sont alors intérieurs.

D'autres façades montrent des systèmes à « doubles enveloppes » ⁶² prenant la forme de « doubles fenêtres » (Fig.32a) ou de « double peau » (Fig.32b.).

Les fenêtres extérieures et intérieures d'une « double fenêtre » sont séparées par un espace qui varie de 20 à 40 cm. La fenêtre extérieure peut agir comme pare-soleil « extérieur » et casse la force du vent tout en permettant une infiltration d'air. La fenêtre intérieure a toutes les propriétés de protections et d'ouvertures.

Figure 32a
Système de double fenêtre en façade.

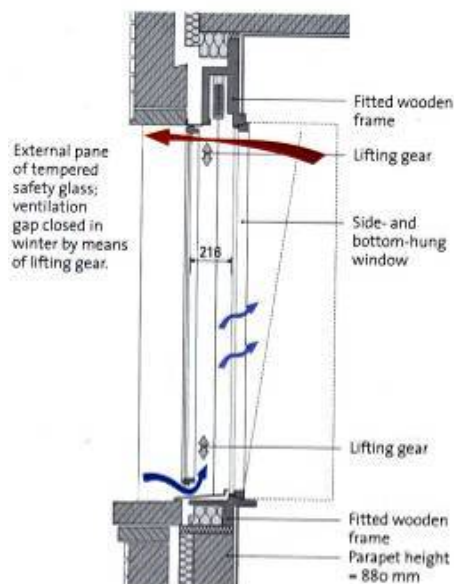
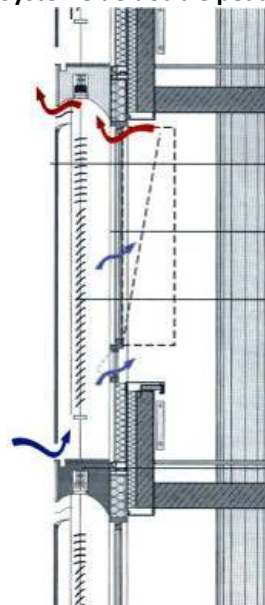


Figure 32b
Système de double peau.



La « double peau » (fig. 32b) est aussi constituée de deux parois vitrées séparées par un espace variant de 20cm à 2m ⁶³. Dans cet espace peuvent s'intégrer des pare-soleil

⁶¹ Cette partie se réfère largement à l'ouvrage de A. DE HERDE et E. GRATIA, « Thermique des immeubles de bureaux », Architecture&climat et Région wallonne, UCL presses universitaires, 2006.

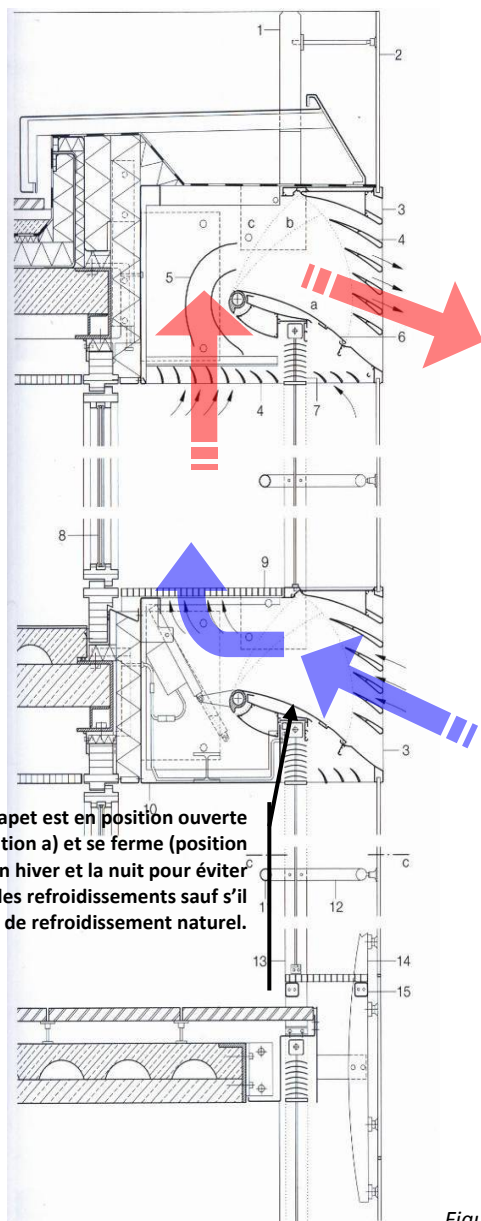
⁶² Les « doubles fenêtres » est le système le plus ancien des systèmes à « double enveloppe ». Elles furent particulièrement appliquées lorsque les conditions climatiques ou acoustiques sévères et

⁶³ Cet espace devient alors un espace tampon comme un jardin d'hiver. Cette solution se pratique fréquemment dans les logements au Pays-bas au lieu des terrasses qui sont peu utilisées sous nos climats.

extérieurs (stores à lamelles) et des caillebotis (pour permettre la ventilation de cet espace afin de limiter la surchauffe et assurer un entretien aisé de la fenêtre intérieure...).

Une façade « double fenêtre » ou « double peau » permet :

- D'augmenter la température de surface de la paroi vitrée intérieure et ainsi d'augmenter la surface utile d'un étage ;
- De « casser » la force du vent ;
- De recourir à la ventilation naturelle hygiénique et à la ventilation intensive pour réaliser un refroidissement naturel nocturne ou diurne des espaces (stratégie de froid) ;
- De permettre l'ouverture de la fenêtre interne si l'occupant le souhaite ;
- De favoriser la pénétration de la lumière naturelle ;
- D'assurer une protection acoustique.



Ce clapet est en position ouverte (position a) et se ferme (position c) en hiver et la nuit pour éviter les refroidissements sauf s'il s'agit de refroidissement naturel.

33

Exemple de système double peau
« Porte de ville » à Düsseldorf (DE), Arch. PETZINKA.

La façade « double peau » permet en outre :

- D'intégrer dans l'espace intermédiaire un pare-soleil (stratégie de froid), la fenêtre extérieure assurant déjà les fonctions d'un pare-soleil tout en permettant de capter la lumière naturelle... ;
- D'utiliser l'air de la double peau comme préchauffage .

Les conclusions d'une étude⁶⁴ réalisée à partir de simulations montrent néanmoins qu'une double-peau est intéressante lorsque :

- Les besoins de chaleur sont plus importants que ceux de refroidissement ;
- Les apports internes sont faibles ;
- Elle est orientée au Nord, car orientée au Sud, elle ne peut assurer que le préchauffage de l'air en hiver et orientée à l'Est ou à l'Ouest, elle provoque des surchauffes et n'est pas utile pour assurer le préchauffage de l'air en hiver ;
- Il faut également toujours y assurer les principes de refroidissement naturel.

La façade du bâtiment « Porte de ville » à Düsseldorf (1997-arch Petzinka)⁶⁵ fournit un exemple de façade « double peau » (Fig. 33 et Photo 3) .

La paroi extérieure est constituée d'un simple vitrage, la fenêtre intérieure est un châssis en bois avec double vitrage (8).

Figure

L'air extérieur est admis dans l'espace entre ces deux fenêtres par des grilles situées (3 et 9) dans le prolongement de la hauteur technique du plancher.

64 A. DE HERDE et E. GRATIA, « Thermique des immeubles de bureaux », Architecture&climat et Région wallonne, UCL presses universitaires, 2006, p.312

65 Extrait de l'ouvrage de Thomas HERZOG, Roland KRIPPNER et Werner LANG, « Construire des façades », presses polytechniques et universitaires romandes, Lausanne, 2007, pp.252 et 253.



En hiver et la nuit, ces grilles sont fermées (position c) avec un écran (6) pour éviter le refroidissement alors que cet écran s'ouvre en journée pour y admettre l'air et le préchauffer (position a).

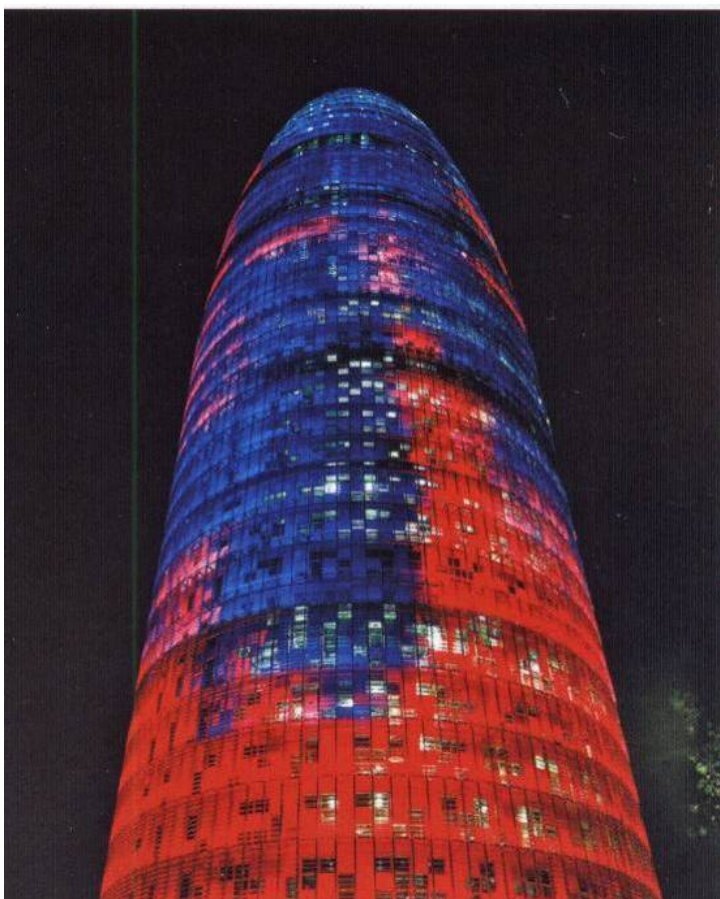
En été, ces grilles sont largement ouvertes pour évacuer la surchauffe (position a). Par temps de pluie, elles sont partiellement fermées (position b). Le système fonctionne pour des baies superposées en alternance tous les deux étages. Le dispositif est situé une fenêtre sur deux comme l'illustre la photo 3.

Photo 3

Exemple de système double peau « Porte de ville » à Düsseldorf - Arch PETZINKA

2.6.4 Innovation dans la façade :

L'enveloppe de la Torre AGBAR à Barcelone (ES), Arch. J. NOUVEL.



L'enveloppe d'une tour ne doit pas nécessairement être une double peau avec deux parois vitrées. La façade de la « Torre AGBAR » est constituée d'une paroi intérieure massive munie d'un nombre limité d'ouvertures. Elle constitue une masse thermique importante sur toute l'étendue de l'enveloppe. Sa face extérieure est revêtue de plaques métallique coloré animant ainsi son expression architecturale. La paroi extérieure est un « pare-soleil » continu constitué de lamelles orientables de verre.

Photo 4

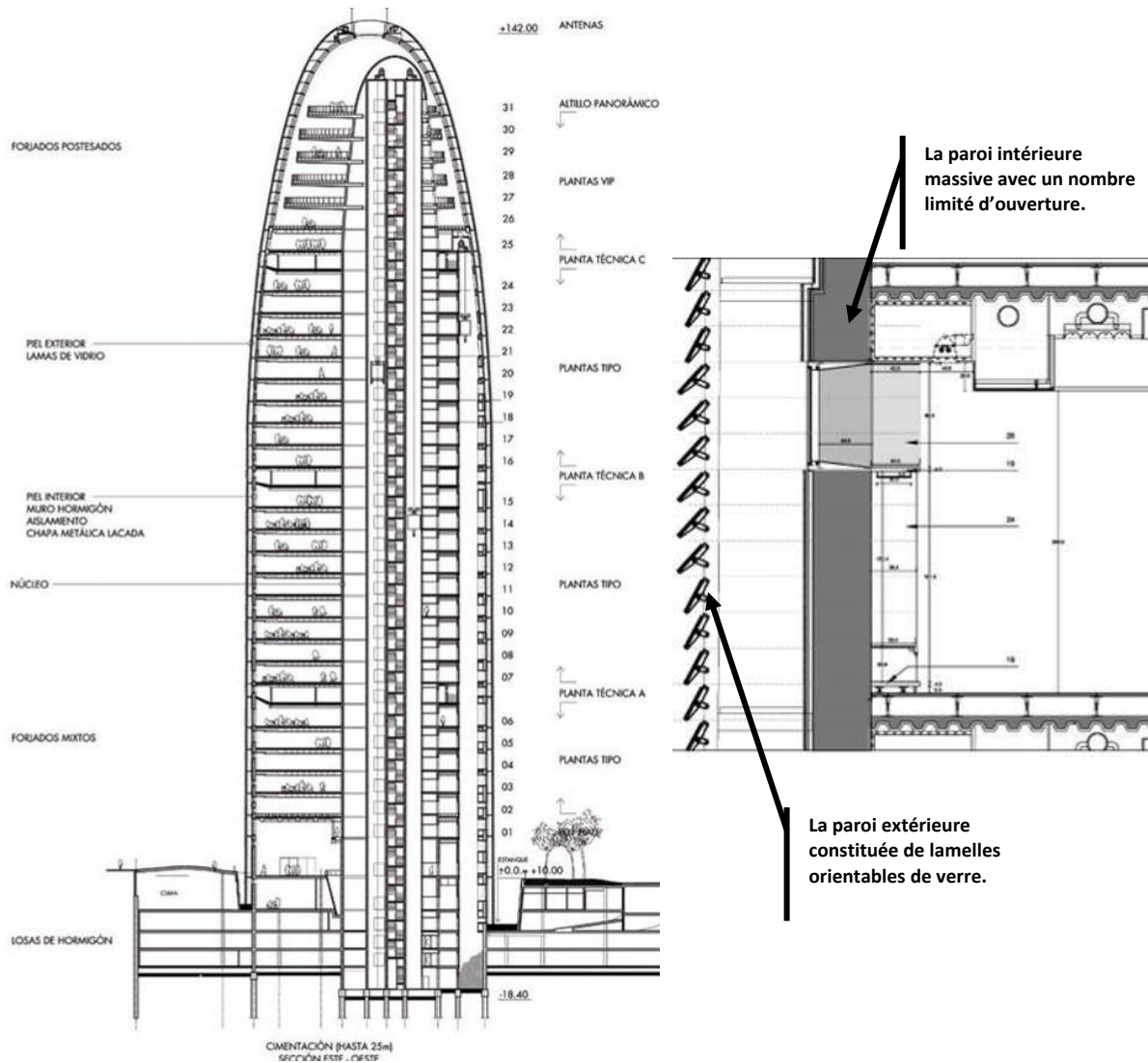
Torre Agbar, Barcelone (ES), Arch. J. NOUVEL

Figure 34

Torre Agbar, Barcelone (ES), Arch. J. NOUVEL.

Coupe dans le bâtiment

Coupe partielle dans la façade



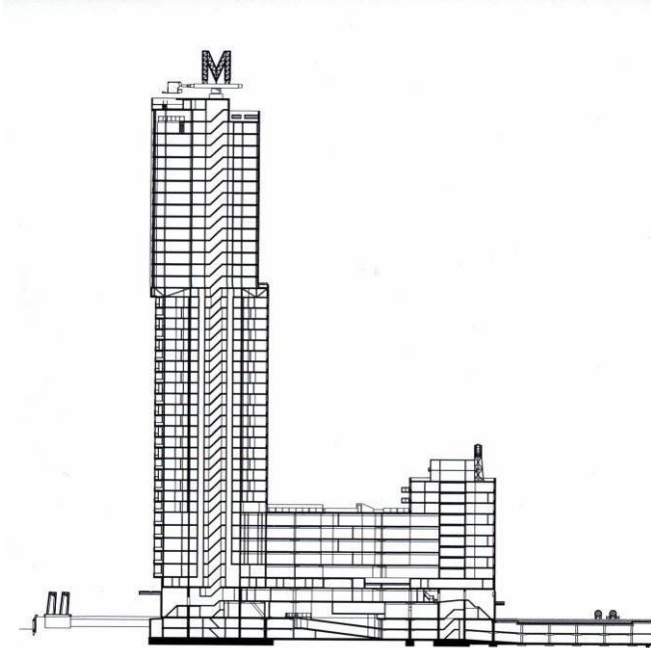
2.6.5. Une façade de parement :

Le bâtiment « Montévideo », Rotterdam (NL), Arch. MECANOO.

Ce bâtiment comprend des parties de bureaux et de commerces (bas et socle du bâtiment) et une tour de logements. Son enveloppe est de type classique avec un parement. La structure portante du bâtiment est interne et de type triangulé. Les ouvertures dans la paroi sont munies de fenêtres coulissantes. Dans la partie inférieure, il y a des terrasses.

Figure 35

Montévideo, Rotterdam (NL), Arch. MECANOO.



Coupe dans le bâtiment



2.7. Associer des systèmes de production⁶⁶

Les réflexions montrées dans des projets s'orientent vers une association de systèmes de production soit pour obtenir une source d'énergie, soit pour utiliser les énergies contenues dans les « déchets » produits. Ces réflexions s'appliquent à toutes les tailles de bâtiments. Elles ne sont pas particulières aux bâtiments hauts. Cependant, les puissances nécessaires ou « énergies déchets » produites dans les bâtiments hauts portent à croire qu'elles y sont d'autant plus applicables.

Il faut préciser que chaque système demande des espaces techniques spécifiques. L'important dans ces réflexions est d'utiliser l'énergie « renouvelable » disponible afin d'éviter l'utilisation d'énergie fossile. En cela, nous ne pouvons jamais dissocier les réflexions liées à la manière d'utiliser ou de se protéger des énergies présentes dans le site et celles liées aux systèmes censés produire des énergies. Il faut avant tout d'abord viser la limitation des besoins en énergies afin de devoir en produire le moins possible...

2.7.1. Association de sources d'énergies pour obtenir une énergie.

Le schéma ci-dessous (fig. 36) montre l'association de sources de chaleur différentes pour produire de l'eau chaude de chauffage. Ce dispositif fut conçu en 2003 par les ingénieurs-conseils de 3^E pour la société de logements sociaux « Zonnige Kempen » à Zoerledorp (Westerlo). 13 logements sont desservis par ce système. Notons aussi que l'utilisation de l'énergie solaire est d'abord utilisée en la captant immédiatement par les vitrages.

La production de chaleur est obtenue principalement à partir d'un bouclage de sources d'énergies renouvelables : la géothermie, les capteurs solaires en toitures et sous la route asphaltée. Ce bouclage alimente une pompe à chaleur (PAC) d'un système de chauffage (à eau chaude) par le sol des logements.

La production d'eau chaude sanitaire résulte également d'une combinaison de sources d'énergies renouvelables (solaire et PAC) couplées à une chaudière.

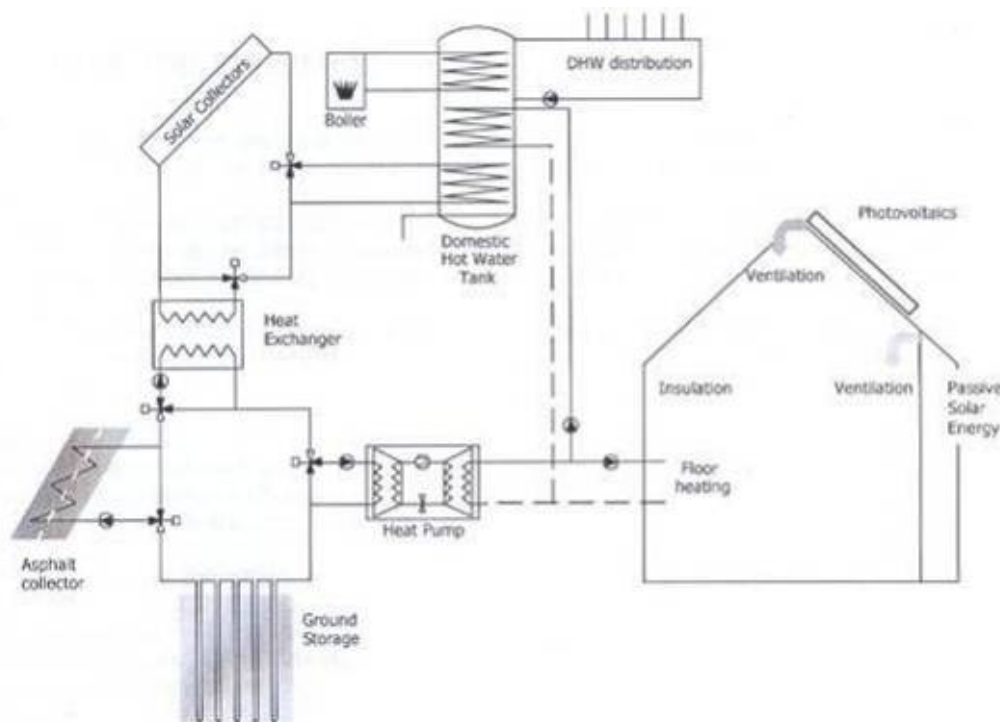


Figure 36

Schéma de production de chaleur pour des logements sociaux à Westerlo (Antwerpen-BE).

⁶⁶ Les illustrations proviennent du cours d'efficacité énergétique de J. CLAESSENS à l'ISASLB.

Les systèmes de pompes à chaleur ont des performances intéressantes notamment lorsqu'elles utilisent les capacités calorifiques de l'eau (géothermie, l'eau non-stagnante de rivières ou fleuves). Elles sont non seulement utiles pour produire de la chaleur mais aussi pour produire du froid.

2.7.2. Intégration de systèmes de production.

Comme nous l'avons observé précédemment dans la figure 28 montrant l'approche énergétique intégrée par N. FOSTER pour le projet du WTC, le principe d'associer des systèmes de production permet que les « énergies déchets » produites par les uns soient utilisées par les autres comme énergies de base. La récupération de chaleur sur l'air extrait des installations de ventilation hygiénique en est un exemple des plus répandus.

Des systèmes de production de chaleur et d'électricité sont actuellement de plus en plus intégrés dans des systèmes dit de co-génération. De plus en y associant une machine frigorifique à absorption nous créons un système dit de tri-génération.

Un exemple typique de ce type d'association est celui du groupe électrogène (fig.37).

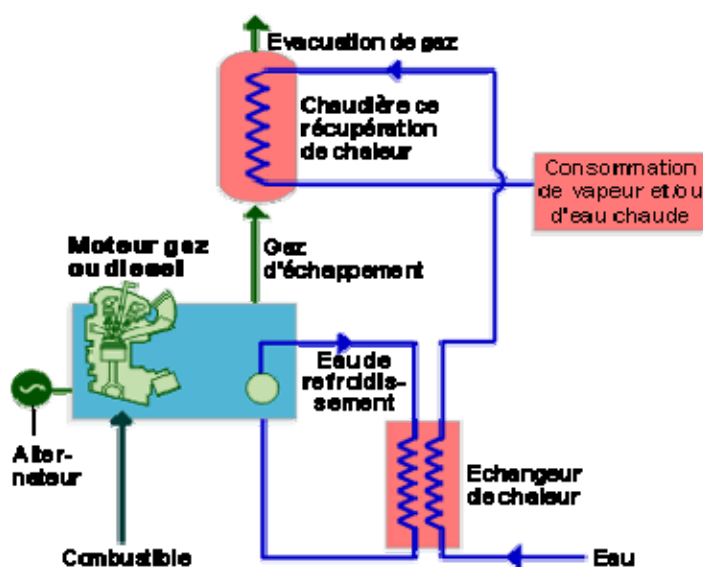


Figure 37

Schéma de principe d'une installation de co-génération.

L'électricité y est produite par un alternateur qui est activé avec un moteur à gaz, au mazout ou un autre combustible.

Le fonctionnement de ce moteur produit de la chaleur. Il est refroidi avec un système de refroidissement à eau. Au lieu de rejeter cette chaleur dans l'environnement, elle est utilisée par un système de chauffage à eau chaude et de production d'eau chaude sanitaire.

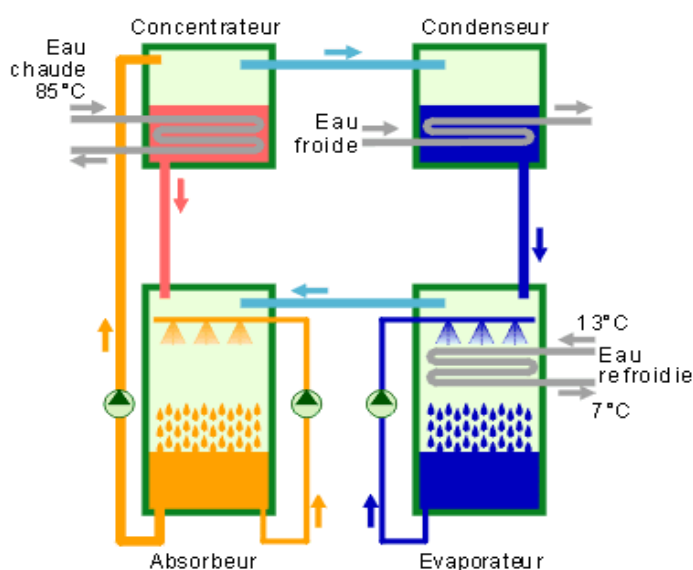


Figure 38

Schéma de principe d'une machine frigorifique à absorption.

Cependant, la chaleur produite par une système de co-génération n'est pas utile en été.

Elle peut par contre s'utiliser dans une machine frigorifique à absorption pour produire du froid (fig.38). C'est de la tri-génération : Produire de l'électricité, de la chaleur et du froid.

Il est aujourd'hui admis que ces systèmes sont applicables notamment dans des installations pour des logements collectifs avec des puissances à partir de 100kW. Les recherches actuelles visent à introduire ce type de systèmes dans des installations de plus faible puissance.

UNE CONCLUSION.

La proposition d'une tour, que ce soit une nouvelle tour ou le recyclage d'un bâtiment existant, se doit d'être une réponse adéquate quant à la mobilité des personnes et des choses, des capacités des réseaux publics de F&E et de l'économie des moyens.

1. La mobilité des personnes et des choses.

Un plan de mobilité doit proposer des manières d'intégrer les flux de personnes, qui varient de 350 (pour une tour de 14 niveaux de 500 m² chacun) à 5 600 personnes (pour une tour de 56 niveaux de 2 000 m² chacun), qu'engendre la présence d'une tour « nouvelle » ou « recyclée ».

Ce plan de mobilité doit traiter au moins les aspects « piéton », « cycliste », « automobiles » et « sécuritaire » et indirectement ceux liés aux « déchets ».

- La mobilité « piétonne ».

L'impact de ce flux de personnes arrivant à ces tours nous incitent à préconiser une flexibilité horaire de travail afin de les étaler dans le temps. L'aménagement d'espaces publics autour de ces tours permet de constituer des « zones tampons » pour absorber ces flux de personnes.

Les « nouvelles » tours sont situées à proximité de gares et métros. Ces implantations éviteront l'engorgement de transports publics locaux.

Autour des tours « recyclées », l'aménagement d'espaces publics est cruciale.

Ces tours n'étant pas nécessairement implantées à proximité des gares et métros, re-organisation adéquate des transports publics est dans ce cas indispensable. Les espaces publics aménagés autour des tours sont alors autant d'éléments essentiels qui s'intégreront dans cette ré-organisation.

- La mobilité « cycliste » - faciliter leur accessibilité.

Qu'elles soient nouvelles ou recyclées, l'aménagement d'espaces pour le rangement de vélos est à intégrer dans ce type de projet.

- La mobilité « automobile » - limiter leur influence.

Une tour provoque une concentration de 35 (pour une tour de 14 niveaux de 500 m²) à 560 voitures (pour une tour de 56 niveaux de 2 000 m² chacun).

Cette concentration demande à réfléchir à deux problématiques, celle des emplacements de parking et l'autre à propos de l'influence de ce flux de voitures dans la ville.

. L'impact des parkings.

Une telle concentration de voitures exige l'équivalent soit de 2 à 8 sous-sols de parking sous le bâtiment ou une surface de 2 à 8 fois celle de la surface brute d'un étage.

La première proposition influence la structure du sous-sol et son hydrologie. Quant à la seconde proposition, elle immobilise une surface « hors sol » importante dans la ville.

Dans le cas des « nouvelles » tours, les deux propositions peuvent s'appliquer.

Pour les tours « recyclées », nous pouvons soit limiter le nombre d'emplacements de parking à ceux qui existaient précédemment, soit compléter ce nombre en immobilisant des surfaces « hors sol ».

. Influence sur le trafic local et régional.

Cette concentration du flux de voitures vers un point amplifiera encore plus les embouteillages actuels.

En situant les « nouvelles » tours en périphérie de la ville et à proximité d'axes routiers à circulation rapide, leur entrée dans la ville est évitée tout en assurant une dispersion rapide de ce flux de véhicules vers l'extérieur de la ville.

Pour les tours « recyclées », l'implantation n'étant pas nécessairement favorable de ce point de vue, il est souhaitable de préconiser une limitation du nombre de voitures pouvant rejoindre cet endroit afin d'en limiter l'impact dans le trafic régional et local.

- **Implantation et mobilité « sécuritaire » - la proximité d'un poste d'intervention.**

C'est un rappel important. Que ce soit pour une « nouvelle » tour ou une tour « recyclée », l'AR, traitant de la sécurité incendie des bâtiments, exige de situer un bâtiment haut de plus de 50 m à moins de 10 km d'un poste d'intervention⁶⁷.

- **Implantation et mobilité des choses « objets et déchets ».**

La fréquence des mouvements de choses à partir d'une tour « nouvelle » ou « recyclée » est plus élevée. Par exemple, la quantité importante de déchets produits quotidiennement qu'il faut évacuer fréquemment.

Les stationnements inopportuns des véhicules assurant ces types de transports provoquent des embouteillages intempestifs. Ceux-ci seront évités en prévoyant pour ces véhicules des emplacements spécifiques pour assumer ces chargements et déchargements.

2. Les capacités des réseaux publics de fluides et d'énergies.

La concentration des demandes en énergie électrique, fluides (eau, gaz, égout...), réseaux de communication (téléphonie et TVD..) s'avère importante.

Une étude précise des capacités de ces réseaux à fournir ou absorber ces flux est nécessaire. Elle traitera notamment des travaux d'infrastructures et de leurs influences dans les quartiers.

3. L'économie de moyens.

Le nombre de niveaux et la hauteur d'un bâtiment influencent son système porteur, les systèmes internes de circulation des personnes et les systèmes de fluides et énergies.

- **Adopter un système porteur économe en matière.**

La prise au vent d'un bâtiment haut engendre des charges qui s'ajoutent à celles liées à la gravité. Ces charges augmentent la matière nécessaire pour y faire face.

Pour les « nouvelles » tours, en adoptant des typologies portantes adéquates, l'augmentation de matière sera limitée. Ces charges seront transmises au sous-sol par un système de fondation. Les quantités de matières, qui y seront « injectées », influenceront le comportement et la nature du sous-sol en ce sens qu'elles ne pourront vraisemblablement jamais être enlevées.

Pour les tours « recyclées », une augmentation de leur hauteur implique des modifications et des renforcements au système porteur tant sur la partie « hors sol », (modifier les colonnes portantes...) que du sous-sol (notamment par des injections...).

⁶⁷ Les postes d'intervention en Région de Bruxelles-Capitale sont :

1 caserne centrale : La caserne de l'Héliport - avenue de l'Héliport à Bruxelles

4 postes avancés lourds :

Le PASI d'Anderlecht - Chaussée de Mons à Anderlecht ; **Le PASI Delta** - Boulevard du Triomphe à Ixelles

Le PASI d'Evere - Avenue Jules Bordet à Evere ; **Le PASI de la V.U.B.** - Avenue de l'Arbre Ballon à Jette

4 postes avancés légers :

Le PASI Chênaie - Avenue de la Chênaie à Uccle ; **Le PASI Cité** - Rue de la Banque à Bruxelles

Le PASI Diamant - Avenue du Diamant à Schaerbeek ; **Le PASI U.C.L.** - Avenue Hippocrate à Woluwé-Saint-Lambert

- **Proposer un plan d'adaptabilité et de durabilité du bâtiment.**

Pour les « nouvelles » tours comme pour les « recyclées », il est souhaitable d'exiger des propositions qui prennent en compte les aspects de convertibilité et de déconstruction en fin de vie du bâtiment, notamment pour limiter les risques de démolitions prématurées.

- **Évaluer l'efficacité spatiale de la proposition.**

Lors de la conception de « nouvelles » tours, la maîtrise des emprises relative et absolue de la surface technique d'un étage (celle qui abrite les circulations verticales, trémies techniques, locaux sanitaires et domestiques, locaux techniques d'étages) est essentielle. Elles augmentent avec le nombre de niveaux. Toutefois, l'emprise relative de la surface technique d'un étage « diminue » lorsque la surface brute de l'étage est augmentée. Une emprise relative minimale apparaît pour une surface brute d'étage de 1 280 m².

Si la surface absolue des locaux techniques augmente proportionnellement en fonction de la surface brute globale du bâtiment, l'emprise relative de ces locaux diminue proportionnellement avec l'augmentation de la surface brute.

À surfaces brutes égales, il vaut mieux un « bâtiment compact », de faible hauteur avec des surfaces étages importantes, qu'un « bâtiment élancé », haut et avec des surfaces d'étages peu importantes. On constate généralement que la surface utile d'un « bâtiment élancé » représente seulement 75% de celle d'un « bâtiment compact ».

Avec le « recyclage » d'une tour existante, les surfaces techniques d'étages et les locaux techniques sont partiellement déterminés. Toutefois, les adaptations veilleront à leur allouer les surfaces et espaces suffisants pour y intégrer les nouvelles techniques et y situer celles nécessaires pour répondre à l'évolution technologique.

- **Adopter une « approche intégrée » pour l'utilisation et la gestion des énergies.**

Les législations relatives à l'énergie et l'environnement en RBC s'appliquent aux « nouvelles » tours comme aux tours « recyclées ».

Il est toujours souhaitable que les propositions adoptent une « approche intégrée des énergies ». Ces propositions envisageront les dispositifs pour :

- Limiter l'utilisation des énergies « non renouvelables » ;
- Optimiser l'utilisation de ces énergies pour assurer différentes productions ;
- Et adopter des stratégies pour utiliser ou limiter l'impact des « énergies naturelles » présentes dans le site (lumière, ventilation, soleil).

L'impact d'une tour dans un environnement, qu'elle soit « nouvelle » ou « recyclée », doit s'évaluer avec beaucoup de précautions. Ses effets sur les systèmes climatiques, de circulation, de réseaux d'un site n'y sont jamais anodins.

BIBLIOGRAPHIES.

Livres.

- A. BAHAMON, « New York, architecture & design », DAAB GMBH, Köln, 2004.
D. BENNET, « Le grand livre des gratte-ciel » Solar, Paris, 1997.
G. BINDER, « One hundred and one of the world's tallest buildings », The images publishing group Pty Ltd, Victoria (Australie), 2006.
A. BOWYER, « TN 4/79 – Spaces allowances for building services », BSRIA, Old Bracknell, 1979.
B. BUNTINX, « Analyse comparative de l'intégration des systèmes techniques, structurels et spatio-fonctionnels de bâtiments de bureaux », Mémoire pour l'obtention du grade d'architecte, ISASLB, Bruxelles, 2002.
H. BUTLER, « TN 3/77 – Coordination of building services », BSRIA, Old Bracknell, 1977.
H. BUTLER, « TN 3/79 – Spaces requirements for building services distribution systems », BSRIA, Old Bracknell, 1979.
M. COSTANZO, « MVRDV-works and projets 1991-2006. », Skira, Milan, 2006.
K. DANIELS, « The technology of the ecological building », Birkhäuser, Basel, Boston, Berlin, 1997.
K. DANIELS, « Advanced building systems », Birkhäuser, Basel, Boston, Berlin, 2003.
A DE HERDE et M. BODART « Guide d'aide à l'utilisation de l'éclairage artificiel en complément à l'éclairage naturel », Architecture & climat (UCL) et Ministère de la Région wallonne, 1999.
A. DE HERDE et E. GRATIA, « Thermique des immeubles de bureaux », Architecture&climat et Région wallonne, UCL presses universitaires, 2006.
R. FISCHER, « Engineering for architecture », Mc Graw Hill, 1980, New York.
A. A. GARRETA, « Les architectes de gratte-ciel », Atrium group de ediciones y publicaciones, Barcelone 2005.
Ph. GRUPOOS, « Les installations techniques et la composition architecturale », Référence 22, Institut Supérieur d'architecture Saint-Luc de Bruxelles, 1997.
R.H. HAYWARD, « TN 5/88 – Rules of thumb – examples for the design of air systems », BSRIA, Old Bracknell, 1988.
E. HÖWLER, « Gratte ciel contemporain », Flammarion, Paris, 2003.
T. HERZOG, R. KRIPPNER et W. LANG, « Construire des façades », presses polytechniques et universitaires romandes, Lausanne, 2007.
W. KEYNER et M. VAN ROSMALEN, « Bouwkosten Management », Berenschot Osborne, Elsevier, Doetinchem, 2001, p.86.
E. KLOFT & J. EISELE, « High Rise Manuel », Birkhäuser, Basel, Boston, Berlin, 2002.
G. NORDENSON, « Tall buildings », The MOMA, New York, 2003.
N. PAVEY et P. CRAMPTON, « TN 18/95 - Rules of thumb UK/France », BSRIA, Old Bracknell, 1995.
K. POWELL, « Lloyd's Building- Richard Rogers partnership », Phaidon press, Londres, 1994.
P. VALLE, « MECANOO-experimental pragmatism », Skira, Milan, 2007.

Revues.

- K. VERDONCK, « Towers back in town ? », in revue Schuman's place, n°3, mai-juin 2007, p 10.
G. BINDER, « Ne pas gaspiller des terrains inutilement », in revue Schuman's place, n°3, mai-juin 2007, p 9.
D. SABBINCK, « La ventilation naturelle », in Aplu n°187, avril-mai 2004.
D. SABBINCK, « L'activation du noyau en béton », in Aplu n°197, décembre 2005.
Architecture d'aujourd'hui n° 337, « Jean Nouvel », nov-déc 2001.
A+U (architecture and urbanism - 8606), « HK bank », juin-86.
A+U n° 329 (architecture and urbanism - 98 02), « Commerzbank », juin-98.
A+U n° 408 (architecture and urbanism - 200409), « 30 St Mary Axe », sep-04.
BAUMEISTER (1997 - n° 5), « Ökologische konzepte für verwaltungsbauten », juin-97.
DETAIL (série 2007 - n° 9), « High-rise Buildings », Institut für internationale Architektur-dokumentation, München, septembre 2007.
DETAIL (série 1997 - n°3), « Solares Bauen », avr-97.
Profile 05 - Energy² Schüco International KG, Bielefeld (DE), sep-07.
The Architect's journal, « Interbuild preview : Using spaces », 18 novembre 1987.
The Architect's journal, « Space for services », du 12 février au 26 mars 1986.
The Architect's journal, « Development economics - Offices – 7, The fund's criteria », 7 mai-86.
The Architect's journal, « Development economics - Offices – 8. Architect's standards », 7 mai-86.
The Architect's journal, « Cabling guide », du 8 juin au 6 juillet 1988.
The architectural review, « Office Lives », mai-04.
The architectural review, P. DAVEY, C. DAVIS, S. MULCAHY, F. NEWBY et T. SCHOLLAR, « The HK bank », 86-4, pp. 35 à 115.
The economist, « Technology Quarterly - architecture goes green », décembre 2004.

Site web.

30 st-Mary axe	www.30stmaryaxe.com.uk	21nov2007
Tout Agbar	www.torreagbar.com	02nov2007
The New York Times building (R. PIANO)	www.newyorktimesbuilding.com	22sep2007
The WTC (NYC) - (System design Concept)	http://fr.wikipedia.org ,	22sep2007
Skyscraperpage « Bank of America tower »	http://skyscraperpage.com	22sep2007
Building services journal (bsj), « Upward trend (oct-2003) »	www.bsjonline.co.uk/	18sep2007
Building services journal (bsj), « Rebounding after a bomb (mai 1999) »	www.bsjonline.co.uk/	18sep2007
Building services journal (bsj), « High Rise, low Energy (mars 2002) »	www.bsjonline.co.uk/	18sep2007
Building services journal (bsj), « Turning green (juin 2003) 30 St Mary Axe »	www.bsjonline.co.uk/ ,	18sep2007

Exposés.

- J. CLAESSENS et J.F. ROGER-FRANCE, « La conception « basse énergie » passe par le choix d'équipements performants : quel impact pour l'architecte ? », 2004.
D. SLABBINCK, « Immeubles de bureaux du futur- Nouveaux palais de justice d'Anvers », 2006.
D. SLABBINCK, « Simulations pour de meilleurs bâtiments », 2006.

SOURCES DES FIGURES.

- Figure 1 Deux modes de répartition des surfaces de services :
- Plan du bâtiment « Commerzbank », N. FOSTER, Francfort (DE) : extrait de A. A. GARRETA, « Les architectes de gratte-ciel », Atrium group, Barcelone, 2005, pp. 18 à 25.
 - Plan de la « Tour Agbar », J. NOUVEL, Barcelone (ES) : extrait de A. A. GARRETA, « Les architectes de gratte-ciel », Atrium group, Barcelone, 2005, pp. 104 à 111.
- Figure 2 Trois types d'organisation des surfaces techniques par rapport aux surfaces utiles :
- Plan du bâtiment « 30, St Mary Axe », N. FOSTER, Londres (UK): extrait de G. NORDENSON, « Tall buildings », The MOMA, New York, 2003, p. 72.
 - Plan de la « Bibliothèque Philips Exeter », L.I. KAHN, Exeter (New Hampshire-USA) : extrait de R. HONNER, S. JHAVERI, A. VASSELLA, « L.I. Kahn-Complete work 1935-74, Institut polytechnique fédéral de Zurich, 1977, p. 368.
 - Plan de la « Banque de Hong Kong et Shanghai », N. FOSTER, Hong Kong (HK): extrait de P. DAVEY, C. DAVIS, S. MULCAHY, F. NEWBY et T. SCHOLLAR, « The HK bank », in The architectural review, 86-4, pp. 35 à 115.
- Figure 3 Hauteur d'étage, hauteur de niveau, hauteur technique :
- Coupe partielle de la « Lloyd's », R. ROGERS, Londres (UK): extrait de K. POWELL, "Lloyd's Building- Richard Rogers partnership", Phaidon press, Londres, 1994, p. 51.
- Figure 4 Incidence du vent sur la consommation d'acier en fonction de la hauteur :
- extrait de R. FISCHER, "Engineering for architecture", Mc Graw Hill, 1980, New York p.4.
- Figure 5 Types de structures portantes pour les bâtiments hauts :
- extrait de R. FISCHER, "Engineering for architecture", Mc Graw Hill, 1980, New York, p.4.
- Figure 6 Dispositions permettant de limiter l'effet du vent sur le bâtiment :
- Ecoulement de l'air autour du bâtiment « 30, St Mary Axe », N. FOSTER, Londres (UK): extrait de G. NORDENSON, « Tall buildings », The MOMA, New York, 2003, p. 72.
 - Plan et coupes de la « Banque de Hong Kong et Shanghai », N. FOSTER, Hong Kong (HK) : extrait de P. DAVEY, C. DAVIS, S. MULCAHY, F. NEWBY et T. SCHOLLAR, « The HK bank », in The architectural review, 86-4, pp. 35 à 115 et de P. CAROLIN, "Two engineered solutions", in the Architect's journal, du 22 octobre 1986, p. 89.
- Figure 7 Evolution du nombre de places de parkings en fonction de la surface brute des étages, pour différents programmes et gabarits d'immeubles : schéma de Ph. GRULOOS.
- Figure 8 Emprise au sol des parkings d'un bâtiment de bureaux de Philips à Nijmegen (NL) :
- Bâtiment Philips « Fifty Two Degrees », MECANOO, Nijmegen (NL): extrait de P. VALLE, « MECANOO-experimental pragmatism », Skira, Milan, 2007, p. 158.
- Figure 9 Evolution de surfaces de locaux déchets en fonction de la surface brute des étages et pour différents programmes et gabarits d'immeubles : schéma de Ph. GRULOOS
- Figure 10 Organisation des ascenseurs dans AON center :
- Extrait de G. BINDER, « One hundred and one of the world's tallest buildings », The images publishing group Pty Ltd, Victoria (Australie), 2006, p. 139.
- Figure 11 Emprise de la trémie technique « ascenseurs » dans le « Deutsche grundbesitz Management » à Frankfurt (DE) :
- extrait de A. A. GARRETA, « Les architectes de gratte-ciel », Atrium group, Barcelone 2005, p. 50 à 53.
- Figure 12 Evolution de l'emprise des trémies de circulations verticales en fonction de la surface brute des étages et pour différents programmes et gabarits d'immeubles : schéma de Ph. GRULOOS.
- Figure 13 Exemple d'intégration des installations techniques dans des tours techniques :
- Plan, coupe et axonométrie de la « Banque de Hong Kong et Shanghai », N. FOSTER, Hong Kong (HK): extrait de P. DAVEY, C. DAVIS, S. MULCAHY, F. NEWBY et T. SCHOLLAR, « The HK bank », in The architectural review, 86-4, pp. 35 à 115.
- Figure 14 Exemple d'intégration des installations techniques dans des étages techniques :
- Coupe de la « Banque de Chine », I. PEI, Hong Kong (HK) : extrait de Ph. JODIDIO, « Contemporary American Architects », Taschen, Cologne, 1993, p. 137.
- Figure 15 Synthèse des principes d'intégration des installations techniques en fonction de la hauteur du bâtiment : schéma de Ph. GRULOOS
- Figure 16 Schéma de répartition des équipements techniques en plusieurs unités :
- extrait de K. DANIELS, « Advanced building systems », Birkhäuser, Basel, Boston, Berlin, 2003, p. 280.
- Figure 17 Evolution de l'emprise des locaux techniques en fonction de la surface brute des étages et pour différents programmes et gabarits d'immeubles : schéma de Ph. GRULOOS
- Figure 18 Evolution de l'emprise des locaux sanitaires et domestiques en fonction de la surface brute des étages et pour différents programmes et gabarits d'immeubles : schéma de Ph. GRULOOS
- Figure 19 Evolution de l'emprise des trémies de F&E en fonction de la surface brute des étages et pour différents programmes et gabarits d'immeubles : schéma de Ph. GRULOOS
- Figure 20 Evolution de l'emprise surfaces techniques globales (y compris sanitaires et domestiques) en fonction de la surface brute des étages et pour différents programmes et gabarits d'immeubles : schéma de Ph. GRULOOS
- Figure 21 Evolution de l'emprise surfaces techniques globales (moins sanitaires et domestiques) en fonction de la surface brute des étages et pour différents programmes et gabarits d'immeubles : schéma de Ph. GRULOOS
- Figure 22 Evolution des puissances nettes par m² (W/m²) de surface brute pour différents postes énergétiques et gabarits d'immeubles : schéma de Ph. GRULOOS

- Figure 23 Prévision de l'évolution des débits probables (l/s) d'eau sanitaire en fonction de la surface brute des étages et pour différents programmes et gabarits d'immeubles : schéma de Ph. GRULOOS
- Figure 24 Prévision de l'évolution des consommations annuelles d'énergies par m² de surface brute (kWh/an/m²) pour différents programmes et gabarits d'immeubles : schéma de Ph. GRULOOS
- Figure 25 Prévision de l'évolution des consommations quotidiennes d'eau (m³/jour) en fonction de la surface brute des étages et pour différents programmes et gabarits d'immeubles : schéma de Ph. GRULOOS
- Figure 26 Tendances d'évolution des prix de l'énergie :
Graphique « Evolution and prognosis of energy prices » : extrait de D. SLABBINCK, « Immeubles de bureaux du futur- Nouveaux palais de justice d'Anvers » 2006, diapositive 3.
- Figure 27 Evolution de la consommation en énergie primaire dans les immeubles de bureaux :
Graphique « Primary energy consumption in office buildings » : extrait de D. SLABBINCK, « Immeubles de bureaux du futur- Nouveaux palais de justice d'Anvers » 2006, diapositive 4.
- Figure 28 Exemple d'application de l'approche énergétique intégrée :
Image d'une approche intégrée (diagramme écologique) pour le WTC, N. FOSTER, New-York (New York- US) :
extrait de G. NORDENSON, « Tall buildings », The MOMA, New York, 2003, p. 169.
- Figure 29 Commerzbank, Frankfurt (DE) :
Sur base du plan et de la coupe du « Commerzbank », N. FOSTER, Frankfurt (DE) : extrait de G. BINDER, « One hundred and one of the world's tallest buildings », The images publishing group Pty Ltd, Victoria (Australie), 2006, pp.84 et 85.
- Figure 30 Ventilation naturelle via les atriiums de la Commerzbank, Frankfurt (DE) :
Sur base du schéma de ventilation naturelle par un atrium du « Commerzbank », N. FOSTER, Frankfurt (DE) :
extrait de K. DANIELS, « The technology of the ecological building », Birkhäuser, Basel, Boston, Berlin, 1997, p. 95.
- Figure 31 Palais de justice d'Antwerpen (BE) :
Coupe dans le « Palais de justice d'Antwerpen », R. ROGERS, Antwerpen (BE) :
extrait de D. SLABBINCK, « Immeubles de bureaux du futur- Nouveaux palais de justice d'Anvers » 2006, diapositive 14.
- Figure 32 Système de double fenêtre en façade et principe de double peau :
Schémas coupes dans une double fenêtre et une double façade :
extrait de E. KLOFT & J. EISELE, « High Rise Manuel », Birkhäuser, Basel, Boston, Berlin, 2002, p 142.
- Figure 33 Exemple d'un système de double peau :
Coupe de la façade du bâtiment « Porte de ville », PETZINKA, Dusseldorf (DE): extrait de T. HERZOG, R. KRIPPNER et W. LANG, « Construire des façades », presses polytechniques et universitaires romandes, Lausanne, 2007, p 253.
- Figure 34 Torre Agbar, Barcelone (ES) :
Coupes de la façade du bâtiment « Torre Agbar », J. NOUVEL, Barcelone (ES): extrait de www.torreagbar.com.
- Figure 35 Montévideo, Rotterdam (NL) :
Coupes du bâtiment « Montevideo », MECANOO, Rotterdam (NL) :
extrait de P. VALLE, « MECANOO-experimental pragmatism », Skira, Milan, 2007, p.74.
- Figure 36 Schéma de production de chaleur pour des logements sociaux à Westerlo (Antwerpen-BE)
Schéma de principe d'une production de chaleur à Zoerle Parwijs (Westerlo, Antwerpen) :
extrait de « St-Antoniuspleintje-sustainable residential building project », Zonnige Kempen cv, Westerlo, 2005, p.14.
- Figure 37 Schéma de principe d'une installation de co-génération :
extrait de la présentation de cours de J. CLAESSENS et J.F. ROGER-FRANCE, « La conception « basse énergie » passe par le choix d'équipements performants : quel impact pour l'architecte ? », 2004, diapositives 5 et 10.
- Figure 38 Schéma de principe d'une machine frigorifique à absorption :
Extrait de la présentation de cours de J. CLAESSENS et J.F. ROGER-FRANCE, « La conception « basse énergie » passe par le choix d'équipements performants : quel impact pour l'architecte ? », 2004, diapositives 5 et 10.

Sources des photos.

- Photos 1 et 2 Un dispositif original de répartition de charges pour le 30 st Mary Axe, Londres (GB) :
Images du bâtiment « 30, St Mary Axe », N. FOSTER, Londres (UK), extrait de www.30STMARYAXE.com.UK.
- Photo 3 Exemple de système double peau, Dusseldorf (DE) :
Photo de la façade du bâtiment « Porte de ville », PETZINKA, Dusseldorf (DE): extrait de T. HERZOG, R. KRIPPNER et W. LANG, « Construire des façades », presses polytechniques et universitaires romandes, Lausanne, 2007, p 253.
- Photo 4 Torre Agbar, Barcelone (ES) :
Photo de la façade du bâtiment « Torre Agbar », J. NOUVEL, Barcelone (ES): extrait de www.torreagbar.com.
- Photos 5 et 6 Montévideo, Rotterdam (NL) :
de Ph. GRULOOS, Rotterdam, 15 novembre 2007.

Ministère de la Région de Bruxelles-capitale



**Objectivation
des avantages et inconvénients
des immeubles élevés à Bruxelles**

3

**LA TOUR COMME
MATERIAU DE PROJET URBAIN**

Composition du dossier

1. Rapport de synthèse
2. La tour comme objet technique (62 p.)
3. La tour comme matériau de projet urbain
4. Habitabilité de l'environnement des tours isolées et des ensembles de tours (37 p.)
5. La tour comme objet d'économie immobilière
6. Outils de régulation juridique de la construction en hauteur
7. Fichier de présentation de 20 exemples de référence

Responsable de la recherche

Bernard Declève, URBA-UCL

Equipe de recherche

Philippe Boland, ARCH-UCL

Nathalie Boton, CERES-UCL

Michaël Durbecq, URBA-UCL

Philippe Gruloos, ISA St Luc, ARCH-UCL

Christian Lasserre, CLI

Sigrid Reiter, ARCH-UCL

Auteurs du rapport sur la tour comme matériau de projet urbain

Bernard Declève et Michaël Durbecq

Avec la participation de Jean-Philippe De Visscher, Martin Outers et Renaud Pleitinx, assistants à l'unité architecture de l'Ecole Polytechnique de Louvain et auteurs des deux études prospectives « De la tour au paysage ».

Avant-Propos

La note ci-après contribue à l'étude commandée à l'unité d'urbanisme de l'UCL par le ministère de la Région de Bruxelles-Capitale sur « la problématique des immeubles élevés (tours) de bureaux, de logements et mixtes en Région de Bruxelles-Capitale ».

La demande du ministère comporte deux grands volets:

- une objectivation des avantages et inconvénients des immeubles hauts selon divers points de vue (planification stratégique, urban design, architecture et techniques de construction, économie immobilière, droit de l'urbanisme, sociologie des usages et de la gestion) et en tenant compte des spécificités de la situation bruxelloise ;
- la définition de critères de localisation et d'analyse de projets urbains ou immobiliers comportant des immeubles hauts et la proposition de sites en Région bruxelloise éventuellement propices au développement de différentes catégories de projets.

Le rapport final de l'étude contient une note de synthèse et cinq notes thématiques:

1. Rapport de synthèse
2. La tour comme objet technique (62 p.)
3. Habitabilité de l'environnement des tours (37 p.)
4. La tour comme matériau de projet urbain
5. La tour comme objet d'économie immobilière
6. Outils de régulation juridique de la construction en hauteur

Une même démarche en quatre étapes a été suivie pour l'approche des cinq volets thématiques : /1/Observation de cas / 2 / Recherche documentaire /3 / Identification de 'tendances' ou scénarios / 4 / Application au cas de la RBC et recommandation de critères.

Le raisonnement appliqué à Bruxelles s'inscrit dans un cadre de 10 objectifs régulateurs :

1. Promotion de l'habitat (la ville à vivre)
2. Création de logements abordables et diversifiés
3. Accessibilité des transports publics en dix minutes à pied et connexion sur des itinéraires de mobilité douce
4. Disponibilité de parcs et espaces verts en quantité suffisante
5. Préservation des ressources de l'environnement / recours aux techniques d'environnement durable
6. Une ville de 1 200 000 habitants ;
7. Imaginer les bureaux du futur
8. Favoriser l'Europe à Bruxelles
9. Optimiser les infrastructures
10. Développer l'emploi

Dans ce cadre d'objectif, l'application des critères issus des différentes notes fournit des éléments d'évaluation de la situation des tours à Bruxelles et du potentiel lié à un développement de grande hauteur dans deux scénarios de projet:

- reconstruction de la ville sur la ville (insertion de nouvelles tours dans le tissu existant, utilisation des tours comme matériau de restructuration des Z.I.R. et des zones leviers bruxelloises, recyclage des bâtiments hauts déjà existants)
- Extension urbaine.

Bernard Declève

Table des matières

Introduction : Proposition de grille d'analyse des projets de tours sous l'angle urbain

1. De la capacité de gestion publique des flux générés par la tour
 - 1.1. Le scénario d'accessibilité automobile est-il soutenable ?
 - 1.2. L'accessibilité par les transports en commun comme condition urbaine préalable
2. Du confort public au pied des tours et de la participation des tours à la coproduction de l'espace public
 - 2.1. Hong Kong : une ville multi-couches
 - 2.2. La question de la perméabilité de l'espace au pied des tours
 - 2.3. La question de la gestion des vents
 - 2.4. La libération d'espace vert au sol ou à proximité de la tour
 - 2.5. L'expérience des *Private Owned Public Spaces*
3. L'inscription des tours dans le paysage urbain et la gestion publique des vues
 - 3.1. Le couronnement : Un repère dans la ville
 - 3.2. Le couronnement : Un point de vue sur la ville et ses paysages
 - 3.3. Le couronnement : Un centre de production d'énergie
4. L'ouverture des façades
5. Avantages urbains de la mixité dans les tours
6. Conclusion
7. Annexe :
Jean-Philippe De Visscher, Martin Outers, Renaud Pleitinckx, *De la tour au paysage* (Etudes prospectives)

Index des figures (plans, coupes, diagrammes, schémas)

Figure 1	Les responsabilités urbanistiques de la tour
Figure 2	Shard London Bridge - Relation à l'espace public et aux réseaux techniques urbains
Figure 3	CommerzBank - les atouts urbains d'un socle perméable
Figure 4	CityGate Ecotower - flux des vents vers la turbine au sommet du socle
Figure 4a et b	Privated Owned Public spaces du district sud de Manhattan
Figure 5	New York, 180, Maiden Lane
Figure 6	New York, 60, Wall Street
Figure 7	Yamashita Park à Yokohama, Japon.

Index des photos

Image 1	Hong Kong : le tissu des tours / Photo :B. Secchi)
Image 2	Hong Kong : Le réseau des rues de l'ancienne ville chinoise / Photo B. Secchi
Image 3	Hong Kong : Superposition des tissus /Photo B.Secchi
Image 4	Hong Kong : le tissu intermédiaire de l'époque coloniale /Photo B.Secchi
Image 5	Hôtel Hilton / Perception depuis l'espace public au pied de la tour. Le bâtiment participe faiblement à la vie de la rue
Image 6	Francfort – la tour comme corollaire de l'espace de nature en ville
Image 7	Francfort, Trianon : mise à disposition publique d'un jardin en pied de tour
Image 8	Chrysler Building, NY
Image 9	Viewing gallery, Londres
Image 10	Castle House, Londres / Hamilton of Londons Arch /
Image 11	Shard London Bridge /4a / Espaces accessibles au public /4b : Profil dans la rue
Image 12	Tour du Midi – Tour Dexia – Tour sablon - Absence de couronnement à Bruxelles
Image 1	Scheepmakertoren, Montevideo, Rotterdam
Image 14	Coupe dans la Commerzbank de Francfort

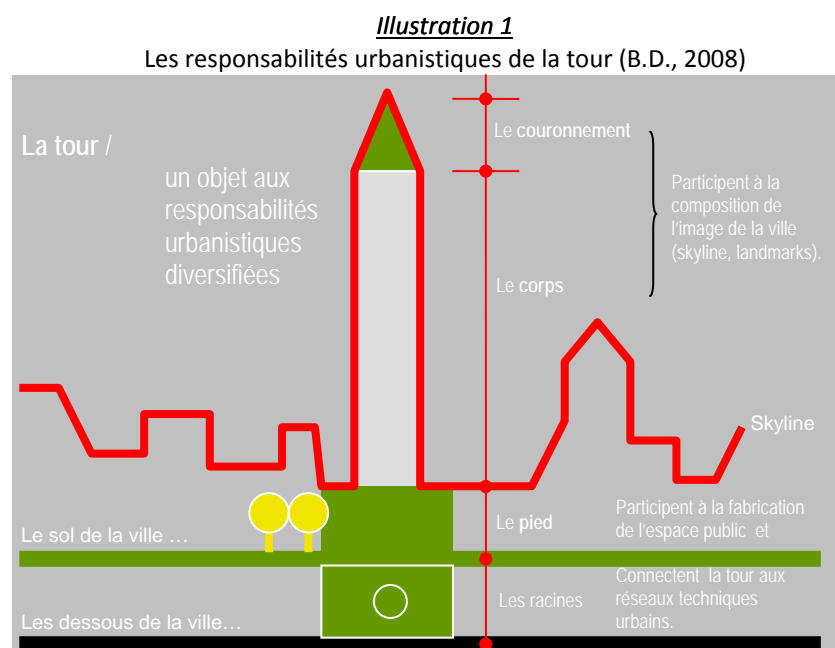
Introduction : Proposition de grille d'analyse des projets de tours sous l'angle urbain

La tour entretient avec la ville une relation paradoxale : elle est à la fois un des signes marquant l'accès d'une ville à la dimension globale ... et la figure de l'anti-ville. Pour beaucoup de citoyens ordinaires, la tour est en effet l'archétype de la citadelle contemporaine. Une fois qu'on est dans ce type d'immeuble, on y reste. On peut certes naviguer d'un étage à l'autre en ascenseur, mais tout est généralement conçu pour optimiser le temps de travail et pour minimiser le besoin de relations avec l'extérieur. Dans cette représentation, la tour est un lieu où on vit reclus, une prison de verre coupée de l'extérieur : la figure de l'anti-ville.

En contrepoint de cette image, les revues et les forums d'architecture diffusent celle de la « ville verticale » : une tour devenue citoyenne, dotée d'espaces de rencontre bordés de boutiques, de jardins suspendus, de panoramas sur la ville... et écologiquement correcte. Cette deuxième représentation nourrit l'imaginaire de la ville globale. La tour n'y est pas d'abord voulue comme lieu de vie mais comme vecteur de projet technique et matériau constitutif de l'espace des flux.

C'est entre ces deux idéo-types extrêmes - la citadelle et la Babel verte - que se déploie l'espace de négociation et d'expérimentation de nouvelles formes de dialogues entre la tour et la ville. Nous partons ici du principe qu'une collectivité qui s'interroge sur les règles du jeu d'occupation de son territoire ne devrait pas accepter qu'un bâtiment impose sa logique à l'espace public qui l'accueille. Certes, ce dialogue urbanistique ne doit pas porter sur tous les points du programme immobilier. Mais il apparaît incontournable sur au moins les cinq thèmes repris ci-dessous :

- La capacité de gestion publique des flux générés par la tour
- Le confort public au pied des tours
- la participation de l'immeuble à la coproduction d'espaces publics urbains
- l'inscription des tours dans le paysage urbain et la gestion publique des vues
- la question de la mixité.



1. De la capacité de gestion publique des flux générés par la tour

Comme indiqué dans la note 2, la gestion des flux de circulation peut avoir un impact non négligeable sur l'environnement urbain. Le nombre d'occupant peut en effet varier de 350 personnes à 5000 personnes suivant les proportions de l'immeuble et sa hauteur¹. Bien souvent, les flux se concentreront dans des tranches horaires restreintes. Les concepteurs de la tour ont l'opportunité de régler les aspects de cette question qui concernent le fonctionnement du bâtiment lui-même, mais ils n'ont pas de prise directe sur l'évolution et la gestion des infrastructures urbaines sur lesquelles s'exercera l'impact de ces flux.

1.1. Le scénario d'accessibilité automobile est-il soutenable ?

Au vu des chiffres annoncés, miser sur une accessibilité automobile n'est supportable que s'il n'y a pas de risque de congestion des voies d'accès et si la tour assume elle-même les besoins de stationnement qu'elle génère. On est toutefois en droit de se poser la question de la qualité du confort public généré par les parkings souterrains. Par ailleurs, la place nécessaire à la construction de ces parkings n'est pas toujours disponible.

A Bruxelles, le scénario d'accessibilité automobile n'est envisageable que dans les zones proches du Ring ou des grandes infrastructures viaires d'accès. Mais est-il écologiquement raisonnable de localiser un objet comme une tour, qui abrite de nombreuses personnes et qui génère de nombreuses visites, dans un lieu peu accessible par les transports publics ? La réponse est clairement non, sauf si le projet de tour permet de conforter une stratégie préexistante d'extension des réseaux de transport public.

1.2. L'accessibilité par les transports en commun comme condition urbaine préalable

L'offre de transports en commun est un critère déterminant dans la perception du confort public. A Bruxelles, les tours du quartier Nord peuvent s'appuyer sur le réseau ferroviaire mais aussi de bus, de tram et du métro à proximité. Sans la présence de cette offre, on pourrait craindre un engorgement des rues par les voitures, une perte d'attractivité des tours pour ses occupants, et un effet négatif sur le confort public du quartier. Des villes comme Londres, Rotterdam ou Francfort ont misé sur une circulation piétonne renforcée et soutenue par les transports publics. Londres par exemple s'appuie sur un réseau de métro très performant, tandis que Rotterdam et Francfort misent sur les lignes de tram et bus pour suppléer au métro.

Il est évidemment primordial de prendre en compte l'incidence du nombre de nouveaux voyageurs générés par la tour sur la saturation du réseau : le principe de privilégier la densification des zones proches de lignes performantes n'est en effet valable que jusqu'au point où ces lignes deviennent saturées. Au-delà du point de saturation, il faut augmenter l'offre de transports en commun et, entretemps, localiser les tours ailleurs, près de stations et de lignes qui puissent absorber le nouvel arrivage d'utilisateurs. Et tant qu'à augmenter l'offre, autant le faire dans des parties de la ville qui sont moins bien desservies.

Quelle que soit la perspective, on voit le plan IRIS de déplacement devenir un des principaux outils de pilotage de la densification. Comment ne pas s'inquiéter dès lors que la priorité 6 « Accorder mobilité et aménagement du territoire » ne soit développée que sur trois pages (page 98 à 100) dans ledit plan.

¹ Voir le point sur les pratiques innovantes

2. Du confort public au pied des tours et de la participation des tours à la coproduction des espaces publics urbains

Un des défauts le plus récurrents de l'objet 'tour' est la mauvaise qualité de la réponse urbaine apportée à son pied.

2.1. Hong Kong : une ville multi-couches

Hong Kong propose de ce point de vue une référence intéressante. Comme l'explique l'urbaniste italien Bernardo Secchi², c'est une ville de tours, mais on ne les sent pas quand on se promène dans les rues. Le tissu urbain s'y compose de plusieurs couches. Depuis le ciel on voit le tissu de tours qui constitue la couche supérieure (cfr photo 1). Mais les tours n'ont pas de fonction structurante de l'espace urbain. Ce rôle est dévolu à la couche inférieure, formée par le réseau très dense des rues étroites et pleines d'animation de l'ancienne ville chinoise (voir photos 2 et 3)



Image 1 / Hong Kong : le tissu des tours / Photo :B. Secchi)



Image 2 / Hong Kong : Le réseau des rues de l'ancienne ville chinoise / Photo B. Secchi

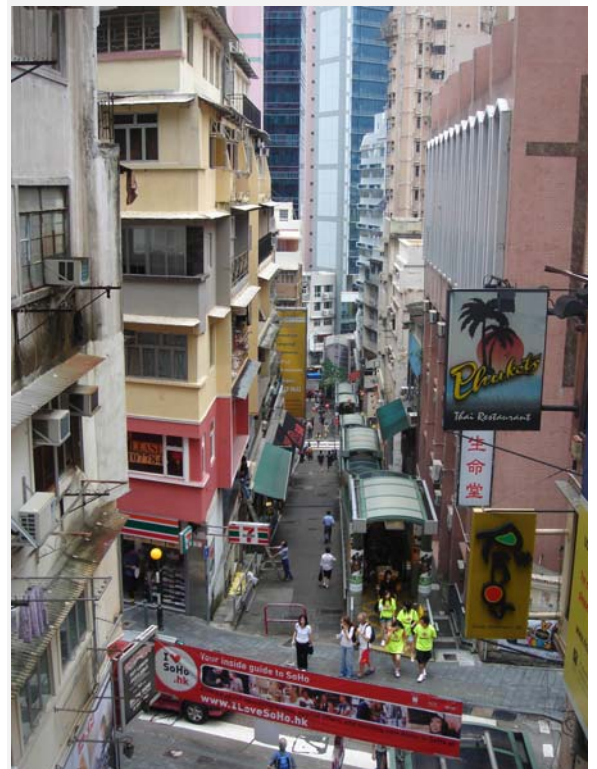


Image 3 / Hong Kong : Superposition des tissus / Photo B. Secchi

² A l'occasion d'une conférence à LLN, le 10 décembre 2008, dans le cadre de l'école doctorale thématique en développement territorial.

Entre ces deux couches, il y en a une troisième, formée par les bâtiments de trois à cinq niveaux construits à l'époque coloniale (voir image 4).

Hong Kong a eu cette capacité singulière d'avoir digéré les conditions de survie et de développement des différentes couches, sans sacrifier le potentiel de l'une aux nécessités de l'autre.



Image 4 / Hong Kong : le tissu intermédiaire de l'époque coloniale
/Photo B.Secchi

2. 2. La question de la perméabilité de l'espace au pied des tours

A Bruxelles, la plupart des tours font le vide à leur pied. Dans beaucoup de cas, le bâtiment est fermé sur lui-même et manque de perméabilité. Malgré cette absence d'urbanité, il ne s'impose pas moins avec prétention à l'espace public. Pourtant, dans la plupart des cas, le passant n'a pas l'opportunité de voir toute la façade de la tour quand il est à son pied ; la proportion de la rue, la couronne des arbres, la présence d'auvents débordants l'empêche de voir les étages hauts. Seuls les premiers niveaux de la tour influent directement sur sa perception de l'espace dans lequel il évolue (voir photo 5).



Image 5 / Hôtel Hilton / Perception depuis l'espace public au pied de la tour. Le bâtiment participe faiblement à la vie de la rue

On peut distinguer trois grandes catégories de traitement du pied des tours.

- La tour «capsule» : sa participation à la vie de la ville est restreinte au minimum, elle ne fabrique aucun bord de la rue, elle n'abrite aucun espace accessible au public. Elle est uniquement tournée sur son organisation interne. Sa morphologie et son programme ne génère que peu de dynamique avec son environnement.
- La tour « citoyenne » : son socle vient fabriquer l'espace de la rue. On y retrouve des fonctions commerciales, ou accessibles au passant. Elle n'a pas de vocation publique mais elle assume sa position dans la ville tout en améliorant le confort du quartier en échange des avantages qu'elle en tire.
- La tour « publique » : Elle hérite des caractéristiques de la « tour citoyenne » mais elle est résolument tournée vers une participation active à la vie citadine. Elle va jusqu'à abriter des espaces publics intérieurs, ou des cheminements semi-publics qui deviennent des déambulations urbaines.

Un premier type de tour publique propose des espaces intérieurs qui ne sont pas directement donnés à la ville mais qui sont communs à un cluster de tours et, en fait, accessible à tous. Les tours de Canary Wharf appartiennent à cette catégorie, aménageant leur accès commun aux services de transport.

Un deuxième type de tour publique participe plus étroitement à la coproduction du réseau d'espaces publics urbains. La *Shard London Bridge Tower* semble se soulever pour encourager la relation intérieur/extérieur (Figure 2). Le pied de l'immeuble est le lien entre le sol de la rue et l'accès aux quais surélevés de la station ferroviaire voisine. Il crée un nouveau nœud dans le réseau d'infrastructures, tant au niveau de la ville qu'à l'échelle de proximité.

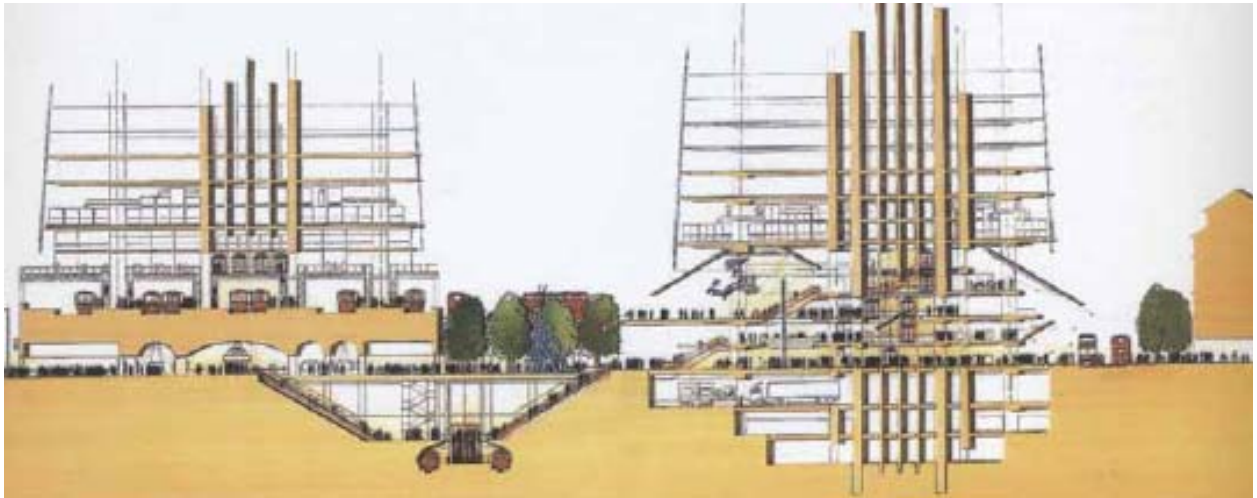


Figure 2: Shard London Bridge - Relation à l'espace public et aux réseaux techniques urbains

Dans une optique d'urbanisme durable, le scénario de la tour «capsule» est-il soutenable ? La collectivité peut-elle accepter qu'un bâtiment tire avantage de la ville sans participer à la coproduction de ses espaces publics ?

Dans la mesure du possible, les premiers niveaux seront affectés à des activités accessibles au public (commerces, guichets d'administrations, écoles, crèches, gares,...). Plus l'accès sera rendu aisé au visiteur, plus la participation de la tour à la vie du quartier sera perçue et appréciée. Un traitement de l'entrée bien conçu permettra au passant de percevoir l'invitation à la visite.

Dans l'exemple de la Commerzbank (figure 3), la perméabilité du socle offre aux passants une possibilité de raccourcis dans la déambulation piétonne francfortoise, ce qui a généré l'apparition d'une vraie place publique intérieure. Le socle permet par ailleurs de garder l'échelle urbaine, en plus de limiter les courants d'air désagréables. Il reprend la hauteur des maisons voisines qui composent la rue. Cette reconnaissance de son environnement évite de dégrader les qualités du quartier.

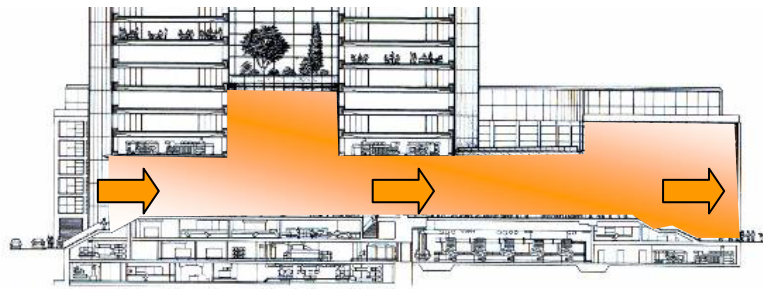


Figure 3 : CommerzBank - Les atouts urbains d'un socle perméable

D'autres moyens sont également à disposition du concepteur : la signification des matériaux, du vocabulaire architectural, des figures ne doit certainement pas être négligé dans l'expression de la rencontre de l'espace public et l'espace privé.

2. 3. La question de la gestion des vents

L'implantation d'un bâtiment de grande hauteur dans une rue a entre autre pour tendance de créer des turbulences au pied et dans l'environnement immédiat.

Les plateaux de la tour CityGate EcoTower de Londres ont été profilés de manière à amener le vent au sommet du socle où se trouvent des turbines. Elle profite de ses caractéristiques morphologiques pour diriger le flux d'air vers ses turbines, ce qui permet entre autres de diminuer les nuisances sur le micro-climat à son pied.

La forme ovoïde des tours Agbar ou Swiss Re permet un meilleur contrôle du trajets des vents par. Enfin d'autres encore créent un socle pour interrompre le mouvement descendant des vents avant leur arrivée dans la rue.

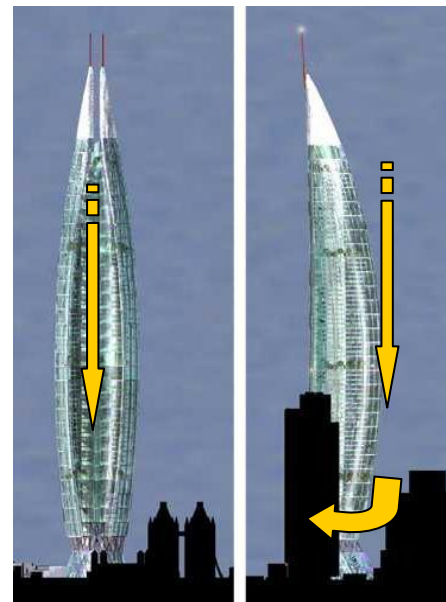


Figure 4 : CityGate Ecotower - flux des vents vers la turbine au sommet du socle

Mais comme on verra dans la note 4 consacrée aux effets de la construction en hauteur sur l'ensoleillement et le vent, les dispositions architecturales ne permettent pas toujours de lutter efficacement contre les désagréments causés par les flux d'air.

Planter des arbres reste un des moyens les plus simples d'augmenter le confort public au pied des tours et d'atténuer l'incidence des courants d'air inconfortable générés par la hauteur du bâtiment. Les couronnes des arbres agissent en effet comme frein et abritent le passant. On retrouve cette application à de nombreux endroits à Bruxelles : dans le boulevard de Waterloo au pied du Hilton, dans l'avenue Marius Renard, dans l'avenue Louise,...

La plantation d'arbres ne peut toutefois se résoudre à un artifice d'architecture ; elle doit être pensée comme élément de structure de l'espace urbain. Un but est certes de présenter un maximum d'obstacles au vent mais l'autre est de coordonner l'aménagement des abords du bâtiment avec l'urbanisme de l'espace public. A nouveau se profile ici la nécessité d'une coordination.

2.4. Libérer l'espace au sol ou à proximité de la tour

Un des arguments majeurs en faveur de la construction en hauteur est la possibilité qu'elle offre de libérer du sol urbain. C'est sur cet argument que s'est fondé le mouvement en faveur des tours très actif à Bruxelles jusqu'à la fin des années 1970 : il s'agissait de concentrer les logements pour offrir un environnement vert à ses occupants. Les tours de boulevard Mettewie (Arc-en-ciel, Iris, Orchidée, Palmeraie) en sont l'exemple. Aujourd'hui, le débat rebondit autour de la nécessité de créer davantage d'espaces de nature dans la ville pour la rendre plus habitable. La construction de tours doit-elle pour autant devenir le corollaire de la création de parcs urbains ?

La question doit être abordée à différentes échelles : celle de la parcelle d'une part, celle de la ville d'autre part. Sur la parcelle, la surface au sol économisée peut être mise à disposition de la ville et des citoyens par le biais d'une convention de partenariat public-privé assortie d'une charte paysagère. C'est ce qui se passe dans les *Privated Owned Public Spaces* new-yorkais, que nous évoquerons plus loin. De telles tentatives s'observent dans de nombreuses villes. A Francfort par exemple, la construction de tours a permis de maintenir une densité démographique haute tout en préservant une couronne d'espaces verts à usage public. L'immeuble Trianon a permis de créer un espace vert ouvert au public dans ce qui aurait été un intérieur d'îlot (voir image 6).

Mais il faut alors explorer la possibilité de transférer les droits de construction sur une autre parcelle et sur les limites de hauteur constructible afin de récupérer les terrains nécessaires à l'élaboration d'une politique de parcs urbains cohérente à l'échelle de la ville.

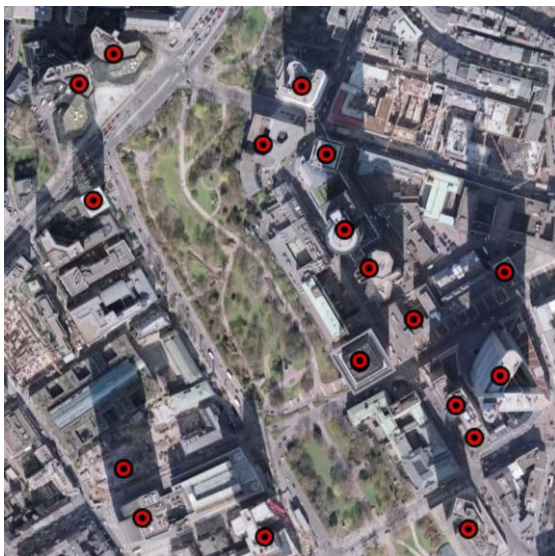


Image 6 : Francfort – la tour comme corollaire de l'espace de nature en ville



Image 7 – Trianon : la mise à disposition du public d'un jardin au pied de la tour

2.5. L'expérience des *Private Owned Public Spaces*³

New York se caractérise par une longue tradition de gestion privée de parcs. Central Park est depuis 40 ans propriété d'une Fondation Privée qui assure la gestion du parc. C'est également le cas de Bryant Park, géré par la Bryant Park Restoration Corporation, une autre Fondation privée.

Cinq types d'espaces publics sont concernés par les stratégies de partenariat public-privé :

- Espaces de Destination / Conçus pour attirer employés, résidents et visiteurs de l'extérieur et du quartier / On peut y manger, faire le shopping, voir des expositions, participer à des événements, ou lire et se relaxer / Aménagement de qualité et programmation variée
- Espaces de proximités / généralement plus petits que les espaces de destination / directement connectés sur la rue adjacente, bien exposés et sécurisés / Aménagement conçus pour attirer employés et résidents du quartier (rayonnement : trois blocs) / Programme : garde des enfants, relaxation individuelle. Pas de service d'alimentation ni de programmation d'exposition ou d'événements /
- Hiatus space / Espaces publics aménagés pour de courtes haltes, sans programme d'animation spécial / Généralement de petit taille et situés juste à côté du trottoir public / Equipement : bancs, poubelle et (éventuellement) plantations /
- Circulation space / Espaces publics destinés à diversifier et faciliter la marche à travers la ville /peuvent être intérieurs ou extérieurs / souvent reliés en un itinéraire traversant plusieurs blocs /
- Marginal space / Espaces peu appropriés pour l'usage public / non dessinés, dépourvus d'aménités ou de caractère esthétique.

Selon leur statut et leur localisation, ces espaces donnent lieu à quatre types de stratégie publique de conditionnement de l'octroi du permis de construire à une participation des promoteurs à la coproduction d'espaces publics :

- Designated Open Spaces / Espaces verts planifiés
- Waterfront Regulations / Règles visant à garantir un accès public sécurisé aux espaces d'eau
- State and City Environmental quality Review Act / Structuration des grands projets autour de la création de paysage et d'espaces publics de nature
- Incentive Zoning / technique du Floor Area Bonus /

La stratégie de l'incentive zoning est la plus utilisée. Par cette stratégie, la ville octroie aux développeurs privés un « bonus » (1m² d'espace public créé = 2m² de bonus) pour les encourager à construire un espace public dans des zones pré-établies, ou à ouvrir certaines parties de leur propriété privée à des usages publics, ou encore à inclure un espace ouvert accessible au public sur leur parcelle. Depuis 1961, date d'introduction de cette pratique, 503 espaces publics ont été créés de la sorte. Ils sont répartis dans 320 buildings de New York, dont une majorité se trouve évidemment à Manhattan. La carte et le tableau ci-

³ Sources : *Privately Owned Public Space: The New York City Experience*, by Jerold S. Kayden, The New York City Department of City Planning, and the Municipal Art Society of New York, published by John Wiley & Sons, 2000 / Pegels Juliane, (2004), *Learning from New York City, the POPS in NWC*, Thèse de doctorat, Aachen.

dessous montrent comment ces espaces se répartissent dans le cas de la partie sud de Manhattan.



Figure 4a : Privated Owned Public Spaces du district sud de Manhattan

ID	Building Address	Building Name	Public Space	Classification
1	17 State Street		Arcade	Circulation
2	1 Battery Park Plaza		Public Exhibit Space	Destination
3	1 State Street	1 State Street Plaza	Plaza	Marginal
4	1 New York Plaza		Arcade	Marginal
5	125 Broad Street	2 New York Plaza	Plaza	Marginal
6	115 Broad Street	4 New York Plaza	Arcade	Marginal
7	85 Broad Street	Goldman Sachs	Plaza	Marginal
8	7 Hanover Square		Arcade	Circulation
9	55 Water Street		Publicly Accessible Lobby	Marginal
10	86 Water Street	10 Hanover Square	Sidewalk Widening	Circulation
11	77 Water Street		Urban Plaza	Neighborhood
12	32 Old Slip	Financial Square	Arcade	Circulation
13	111 Wall Street		Sidewalk Widening	Circulation
14	95 Wall Street		Urban Plaza	Hiatus
15	75 Wall Street	Barclays Bank	Plaza	Marginal
16	110 Wall Street		Arcade	Hiatus
17	100 Wall Street		Plaza	Circulation
18	88 Pine Street	Wall Street Plaza	Plaza	Marginal
19	180 Maiden Lane		Special Permit Plaza	Neighborhood
20	175 Water Street		Enclosed Public Space	Destination
21	180 Water Street		Outdoor Public Space	Neighborhood
22	200 Water Street		Open Pedestrian Area	Circulation
23	160 Water Street		Special Permit Arcade	Circulation
24	100 William Street			
25	59 Maiden Lane		Arcade	Marginal
26	10 Liberty Street		Plaza	Hiatus
27	60 Wall Street	J.P. Morgan	Plaza	Neighborhood
28	55 Broad Street		Arcade	Marginal
29	40 Broad Street		Plaza	Marginal
30	52 Broadway		Urban Plaza	Hiatus
31	1 Wall Street	Bank of New York	Through Block Arcade	Circulation
32	55 Broadway	1 Exchange Plaza	Plaza	Circulation
33	45 Broadway	45 Broadway Atrium	Arcade	Circulation
34	17 Battery Place		Loggia	Marginal
35	90 Washington Street		Shopping Arcade	Marginal
36	40 Rector Street		Urban Plaza	Circulation

Figure 4b : Privated Owned Public spaces du district sud de Manhattan

Les deux fiches ci-dessous donnent des exemples des types d'organisation et d'animation auxquels cette gestion contractuelle donne lieu :

PRIVATELY OWNED PUBLIC SPACE
180 Maiden Lane
Continental Center

GENERAL INFORMATION
BUILDING LOCATION
Full block bounded by Maiden Lane, Front Street, Pine Street and South Street
PRIMARY BUILDING USE
Commercial
NUMBER OF STORIES 35
YEAR COMPLETED 1982
BUILDING ARCHITECT
Swanke Hayden Connell
Kohn Pedersen Fox
PUBLIC SPACE TYPE
Outdoor Public Space
Enclosed Public Space

ACCES
Espace public extérieur : 24/24
Espace d'exposition /
lundi - vendredi / 8h30 - 17h30
Accessible aux PMR

Sources:
- Jerold S. Kayden, The New York City Department of City Planning, and The Municipal Art Society of New York *Privately Owned Public Space: The New York City Experience*, New York: John Wiley & Sons, 2000
- New York City Department of City Planning, Manhattan Office

AMENITES Général

- Eclairage
- 6 panneaux de signalisation
- Poubelles
- Espace public sous abri
- Climatisation
- Food service / Kiosque 284 sq feet
- Murs décorés de marbre
- Programme d'animation / expositions et concerts hebdomadaires
- 2 toilettes
- 17 tables amovibles / 141 chaises
- 16 arbres
- Téléphones publics
- 2 fontaines
- Mur vidéo avec 16 écrans de télévision
- 3 aires d'exposition
- 276 feet de bancs

Figure 5 / New York, 180, Maiden Lane

PRIVATELY OWNED PUBLIC SPACE
60 Wall Street
J.P Morgan

GENERAL INFORMATION
BUILDING LOCATION
North side of Wall Street between William and Pearl Streets
PRIMARY BUILDING USE
Commercial
NUMBER OF STORIES 50
YEAR COMPLETED 1989
BUILDING ARCHITECT
Kevin Roche, John Dinkeloo and Associates
PUBLIC SPACE TYPE
Arcade
Covered Pedestrian Space

ACCES
Galerie : 24/24
Espace piéton couvert
7 am - 10:00 pm
Peut être fermé au public moyennant information 6 fois par an en semaine et les week-end pour des événements associatifs locaux
Accessible aux PMR

AMENITES
Espace piéton couvert

- Connexion avec la station métro de Wall Street
- Connexion directe avec la Mezzanine du métro
- 2 toilettes
- Food service
- 532 linear feet de bancs
- 120 chaises amovibles
- 26 tables
- Arbres et autres plantations
- Eclairage
- Art et artisanat
- 4 fontaines
- 2360 sq ft d'emplacements commerciaux alignés, dont 50% à usage alimentaire
- Poubelles
- Climatisation

Figure 6 / New York, 60, Wall Street

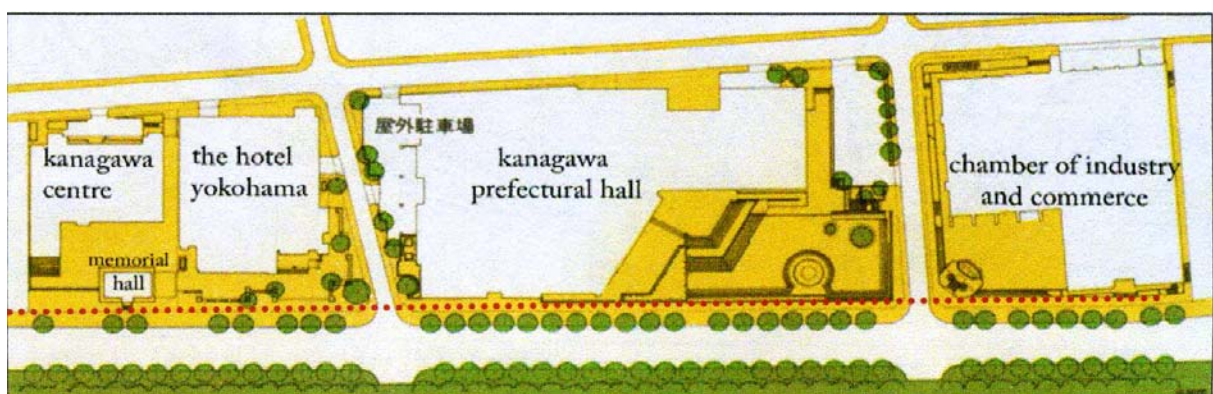
Juliane Pegels, qui a analysé ces espaces en profondeur, met en évidence les difficultés auxquelles le système est confronté. Les principales difficultés qu'elle évoque sont les suivantes (Pegels, J., (2004) :

- Le maintien dans le temps de l'esprit de la convention public-privé et d'un dialogue entre les acteurs,
- Le maintien d'une réelle accessibilité des espaces,
- Une gestion de la sécurité qui ne nuise pas à l'ouverture des lieux
- Le développement de programmes d'animation adaptés à la fonction urbaine du lieu,
- Le respect dans le temps de la charte paysagère

Elle montre aussi, malgré toutes les difficultés rencontrées, le double intérêt de l'expérience new-yorkaise :

- L'incentive Zoning a premièrement contribué, via la *City's zoning resolution*, à une planification stratégique et à la régulation de la production en partenariat public-privé d'un réseau d'espaces publics secondaires connectés sur les espaces publics primaires.
- pour garantir la réalisation et le suivi des intérêts publics, l'administration a été obligé d'innover dans les pratiques de communication, de conception, de maintenance et de gestion des espaces verts.

Une expérience à peu près analogue a été développée au Japon, dans la ville de Yokohama, pour la création d'une promenade et l'extension du Yamashita Park (Figure 5). Ici, la convention public-privé ne se fonde pas sur un système de *Floor Area Bonus* comme à New York, mais sur une planification participative d'un système cohérent et interconnecté d'espaces publics attractifs pour les 30 prochaines années (Comprehensive design Guideline (2000, 2005). Tous les propriétaires du district concernés ont signé un *City Planning Agreement* par lequel ils s'engagent à ne pas clôturer leur propriété et à respecter la charte paysagère du parc. Les espaces ouverts créés sur les propriétés privées font partie d'un réseau intégré de promenades à travers les propriétés. Dans ce cas, l'échange a porté sur la fourniture, par la municipalité, des matériaux de l'espace public. La mesure a beaucoup contribué à la création d'un paysage unifié.



Graphic 6: POPS along Yamashita Park promenade (yellow). The red dotted line is the property line towards the public sidewalk. The open spaces created on the private building sites are part of an integrated public space network across property boundaries. For a unified appearance the City provided the paving materials to the builders. (Adapted from Yokohama 1981: 101-2)

Figure 7 / Yamashita Park à Yokohama, Japon.

3. L'inscription des tours dans le paysage urbain et la gestion publique des vues

3.1. Le couronnement : un repère dans la ville

Le couronnement d'une tour peut lui donner valeur de repère à l'échelle de la ville entière. Un des exemples les plus connus est le Chrysler Building de New York (image 8) : la forme caractéristique de son sommet en fait un repère qui est devenu une image collective, qu'on assimile, au-delà du bâtiment, à la ville elle-même. La Shard London Bridge Tower est un exemple plus radical encore: dès le pied, l'angle de la façade permet de percevoir le niveau maximal de la tour et donne à celle-ci un profil caractéristique aisément identifiable.

La qualité iconique du couronnement définit l'échelle et le rôle de signe que le bâtiment prend dans le ciel de la ville et dans l'imaginaire de ses habitants. Or, sauf l'exception des tours Belgacom, le couronnement des tours bruxelloises ne fait généralement l'objet d'aucune attention particulière. Cette absence de traitement empêche le citoyen ordinaire d'entrer en dialogue avec la monumentalité du bâtiment. Cela donne à celui-ci un caractère inabouti.

3.2. Le couronnement : un point de vue sur la ville et ses paysages

Si son sommet est accessible, la tour peut aussi offrir des vues uniques sur la ville. La ville de Londres, dans son London Plan, se réserve le droit d'imposer l'accessibilité du dernier étage au public. Cette mesure a deux justifications : d'une part elle étend à l'ensemble des citoyens un droit qui resterait, sinon, réservé à quelques privilégiés ; d'autre part, on peut y voir aussi une compensation des désagréments que le bâtiment produit dans le voisinage (ombre portée et courants d'air notamment). La London Ecotower, le Minerva Building (image 9) ou le Shard London Bridge sont de bons exemples en cours de réalisation ou projetés. Le point le plus critique se situe dans la gestion de l'accessibilité publique uniquement aux étages autorisés.



Image 9: Viewing gallery / Londres / <http://www.20fenchurchstreet.co.uk>



Image 10 / Castle House, Londres / Hamilton of Londons Arch / Source : <http://www.neomansland.org>

3.3. Le couronnement : un centre de production d'énergie

Ce souci du traitement du sommet n'est pas qu'une préoccupation visuelle ou paysagère. La hauteur du bâtiment offre aussi l'opportunité d'en utiliser le sommet comme support d'installations techniques (notamment les antennes). La contrainte que peuvent exercer les pouvoirs publics sur l'obligation de traiter le couronnement peut aussi devenir une incitation à l'innovation technologique. A Londres par exemple, dans les projets de la *Vauxhall Tower* ou de la *Castle Tower*, annoncés pour 2009, le couronnement est conçu comme une éolienne urbaine (présence de turbine à vent), ce qui

est entre autres une conséquence de l'imposition faite aux tours londoniennes de réduire de près de moitié leur consommation énergétique.

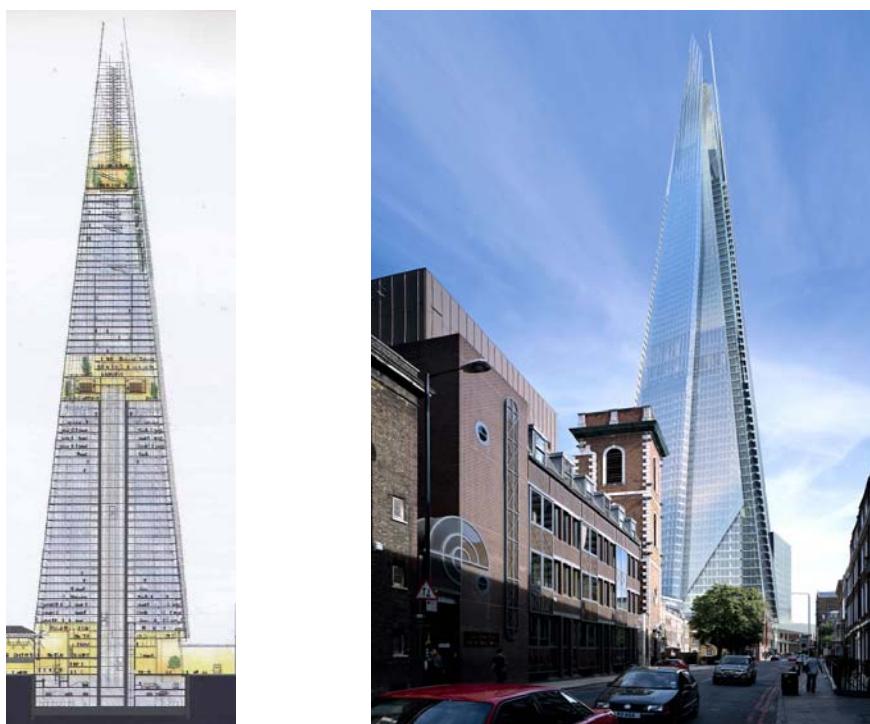


Image 11 / Shard London Bridge / 11a / Espaces accessibles au public / 11b : Profil dans la

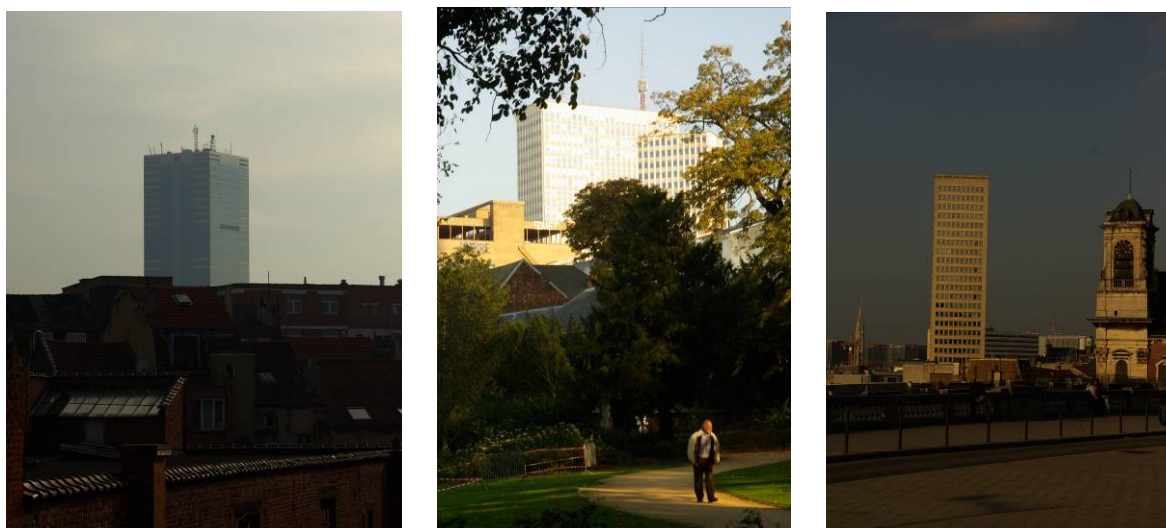


Image 12 : Tour du Midi – Tour Dexia – Tour sablon - Absence de couronnement à Bruxelles

4. L'ouverture des façades

L'archétype de la citadelle contemporaine est la tour de verre où la fenêtre disparaît au profit d'une gaine transparente qui brouille la perception des étages. Le prototype de ce modèle est le Seagram Building réalisé en 1958 par Mies Van Der Rohe et Philippe Johnson sur Park Avenue à New York. Beaucoup de tours construites à Bruxelles relèvent de ce modèle.

L'ouverture de la façade est un moyen d'amorcer ou de renforcer la relation entre le bâtiment et la rue. Certes, l'intégration de balcons reste difficile, en raison des vitesses de vent rencontrées. Il y a pourtant des tentatives, notamment la Scheepmakertoren (début de construction en 2005, hauteur 86m) à Rotterdam qui se compose de 26 étages avec balcons (Image 13).



Image 2 : Scheepmakertoren

Dans la Commerzbank de Frankfort, ce sont les espaces communs intérieurs qui s'ouvrent sur la rue :

Trois grands atriums de 12 étages, situés au centre du bâtiment, ont des ouvertures alternées vers les trois façades par des « espaces jardins » d'une hauteur de 4 étages.

La ventilation naturelle et l'éclairage naturel y sont largement utilisés. Ces points de rencontre sont particulièrement remarquables car ils rencontrent des soucis de convivialité, de lumière et de ventilation internes, mais aussi de participation à l'espace public.

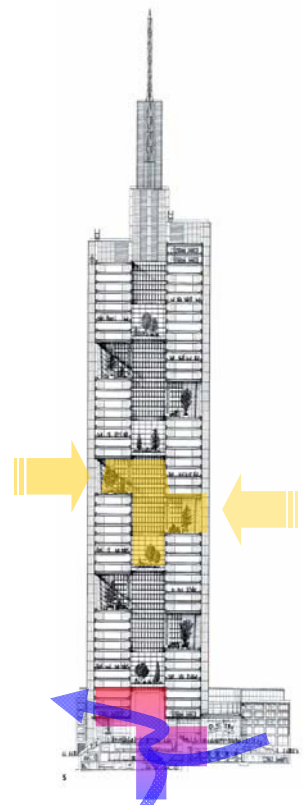


Image 14 : Coupe dans la Commerzbank de Francfort

5. Avantages urbains de la mixité dans les tours

Organiser la mixité fonctionnelle au sein des tours est une autre manière de favoriser le dialogue entre le bâtiment et la ville. La mixité permet d'abord de limiter la sectorisation et le zonage urbain. Mais elle permet surtout de favoriser l'intensité d'utilisation des aménités et des équipements dans la tour ou au voisinage de celle-ci. Le décalage horaire journalier entre les différents programmes d'utilisation de l'immeuble constitue un facteur positif dans ce sens. En effet, l'employé de bureau utilisera les parcs et autres aménités sur le temps de midi ou à la fin de sa journée de travail, tandis que le résident profitera des aménagements publics en soirée, au retour du travail, le week-end ou les jours fériés. Les commerces et équipements toucheront donc des publics diversifiés et à des heures différentes. Pour peu que des dispositifs de gestion appropriés soient mis en place, la mixité peut aussi permettre d'éviter que des équipements coûteux, comme par exemple les parkings sous-terrains, ne soient utilisés qu'une partie du temps

La *Montevideo Tower* de Rotterdam fonctionne selon ce principe (image 12): les espaces du rez-de-chaussée sont occupés par des fonctions commerciales, tandis que le socle (en bleu sur l'image) abrite les bureaux, les espaces de loisirs (salles de sport, centre de remise en forme, piscine...). Ces espaces de loisirs sont accessibles pour les habitants de la tour et pour les employés des bureaux, ce qui optimise les pointes de fréquentation.



Image 3 / Montevideo Tower, Rotterdam.

6. Conclusions

La tour n'est pas une structure territoriale mais un objet d'architecture. Une collectivité qui s'interroge sur les règles du jeu d'occupation de son territoire ne devrait pas accepter qu'un bâtiment impose sa logique à l'espace public qui l'accueille.

Le dialogue et la négociation entre la tour et la ville concerne en priorité cinq thèmes :

- La capacité de gestion publique des flux générés par la tour
- Le confort public au pied des tours
- la participation de l'immeuble à la coproduction d'espaces publics urbains
- l'inscription des tours dans le paysage urbain et la gestion publique des vues
- la question de la mixité.

Les concepteurs de la tour n'ont pas de prise directe sur l'évolution et la gestion des infrastructures urbaines sur lesquelles s'exercera l'impact des flux de circulation générés par le bâtiment.

Une accessibilité automobile n'est supportable que s'il n'y a pas de risque de congestion des voies d'accès et si la tour assume elle-même les besoins de stationnement qu'elle génère. A Bruxelles, ce ne serait envisageable que dans les zones proches du Ring ou des grandes infrastructures viaires d'accès. Une telle localisation paraît néanmoins peu raisonnable écologiquement raisonnable, sauf si le projet de tour permet de conforter une stratégie préexistante d'extension des réseaux de transport public.

L'accessibilité par les transports en commun paraît être une condition urbaine préalable au développement de projets de construction en hauteur. Le plan IRIS de déplacement devrait être considéré comme un des principaux outils de pilotage de la densification. La priorité 6 de ce plan « Accorder mobilité et aménagement du territoire » devrait être développée dans ce sens.

Le nombre de nouveaux voyageurs générés par la tour peuvent accélérer la saturation du réseau. Au-delà du point de saturation, il faut augmenter l'offre de transports en commun et, entretemps, localiser les tours ailleurs, près de stations et de lignes qui puissent absorber le nouvel arrivage d'utilisateurs. Et tant qu'à augmenter l'offre, autant le faire dans des parties de la ville qui sont moins bien desservies.

Un des défauts les plus récurrents de l'objet 'tour' est la mauvaise qualité de la réponse urbaine apportée à son pied. Dans la mesure du possible, les premiers niveaux seront affectés à des activités accessibles au public (commerces, guichets d'administrations, écoles, crèches, gares,...). Plus le socle ou le pied de la tour sera perméable, plus l'accès sera rendu aisé au visiteur, et plus la participation de la tour à la vie de la ville sera perçue et appréciée.

Les dispositions architecturales ne permettent pas toujours de lutter efficacement contre les désagréments causés par les flux d'air. Planter des arbres reste un des moyens les plus simples d'augmenter le confort public au pied des tours et d'atténuer l'incidence des courants d'air inconfortable générés par la hauteur du bâtiment.

L'autorisation de construire en hauteur peut constituer un moyen de libérer l'espace et de permettre la création d'espaces de nature rendant la ville plus habitable. Les expériences de New-York et Yokohama mettent en évidence différents scénarios de partenariat public-privé autour de cette question. Deux hypothèses de scénarios peuvent être retenues :

- L'octroi de « bonus » contre la participation à la création de parcs publics ou à la mise à disposition publique d'espaces ouverts privés (New York)
- La mise à disposition publique de terrains privés contre la participation de la ville à la conception et à l'aménagement du parc (Yokohama et Francfort).

Quelque soit le scénario, il reposera sur des méthodes d'« *incentive planning* » et impliquera, comme pour la question des transports, la mise en œuvre d'un renforcement des services de planification stratégique et une approche de gestion concertée entre l'administration régionale et les promoteurs privés, à chaque étape de développement du projet.

L'inscription d'immeubles hauts dans le paysage urbain pose la question de l'opportunité de mise en place d'un système de gestion publique des vues, comme c'est le cas à Paris ou à Londres (Protected Vista). Pour mettre en œuvre un tel système à Bruxelles, il faudrait procéder à une étude de city design permettant d'identifier les couloirs de vues éventuellement à protéger et d'évaluer l'intérêt éventuel de fixer une hauteur tapis.

A l'exception des tours Belgacom, le couronnement des tours bruxelloises ne fait généralement l'objet d'aucune attention particulière. Or, la qualité iconique du couronnement peut donner au bâtiment valeur de repère à l'échelle de la ville entière et en fixer l'image dans l'imaginaire de ses habitants. Le couronnement est, après le pied de la tour, un deuxième facteur de dialogue entre la tour et la ville.

Rendre le sommet de la tour accessible au public est une manière d'offrir un point de vue sur la ville et sur ses paysages. Cet élément du programme urbain de la tour devrait également faire l'objet d'une exigence de la part de la collectivité.

Organiser la mixité fonctionnelle au sein des tours est une autre manière de favoriser le dialogue entre le bâtiment et la ville. La mixité permet de favoriser l'intensité d'utilisation des aménités et des équipements dans la tour ou au voisinage de celle-ci : commerces, espaces publics, parkings, etc. Le décalage horaire journalier entre les différents programmes d'utilisation de l'immeuble constitue un facteur positif dans ce sens.

Synthèse des facteurs favorisant le dialogue de la tour avec la ville :

- Connexion directe sur les réseaux de transport en commun et coordination entre la composition urbanistique et la conception des infrastructures. Facteurs favorisant la connexion :
 - Construction de la tour au droit d'une station de transport en commun rapide (train, métro ou tram en site propre)
 - Regroupement des tours en clusters reliés au reste de l'agglomération par les lignes de transports en commun
- Alignement des tours le long des voies principales /
- Passages publics traversant, générant de nouveaux circuits piétonniers /
- Edification de socles de 5 à 6 étages (hauteur d'arbres), entrant en dialogue avec les immeubles alentour, et d'où surgissent les tours /
- Libération d'espaces verts sur la parcelle ou à proximité et gestion contractualisée des usages publics de ces espaces

7. Annexe :

Jean-Philippe De Visscher, Martin Outers, Renaud Pleitinckx,
De la tour au paysage
Etudes prospectives

BXXL

De la tour au paysage

Les deux projets présentés ici sont le contrepoint prospectif d'une étude pluridisciplinaire commandée à l'unité URBA par la région Bruxelloise sous l'intitulé : *Objectivation des avantages et inconvénients des immeubles élevés à Bruxelles*. Chacun à sa façon détourne la question de son objet - trop couru - pour considérer les infrastructures lourdes et vastes qui l'accompagnent nécessairement. La tour alors touche au paysage de Bruxelles



Quel est le lieu des tours ? L'étude comparée de leur implantation dans de multiples villes permet de mettre en lumière l'importance d'une grande figure paysagère capable de les fédérer. Or, Bruxelles ne possède aujourd'hui rien de tel, sauf à reconsidérer son fait géographique majeur : le marais de la Senne. Cependant, pour révéler l'ampleur de ce paysage latent, il faudrait de tirer de son potentiel propre une nouvelle fonction à l'échelle urbaine.

Les enjeux écologiques et les hypothèses de densification de la ville qui en découlent laissent actuellement irrésolue la question de l'épuration des eaux. Nous continuons à construire des centrales d'épuration terriblement énergivores, alors que de nouvelles perspectives sont ouvertes par les techniques naturelles de « lagunage ». Ces systèmes font percoler les eaux usées par simple gravitation à travers une série de lagunes où roseaux, algues, plantes des marais ... absorbent leurs impuretés. La superficie nécessaire pour traiter les eaux d'un équivalent-habitant est de 10m², soit approximativement mille hectares pour l'agglomération

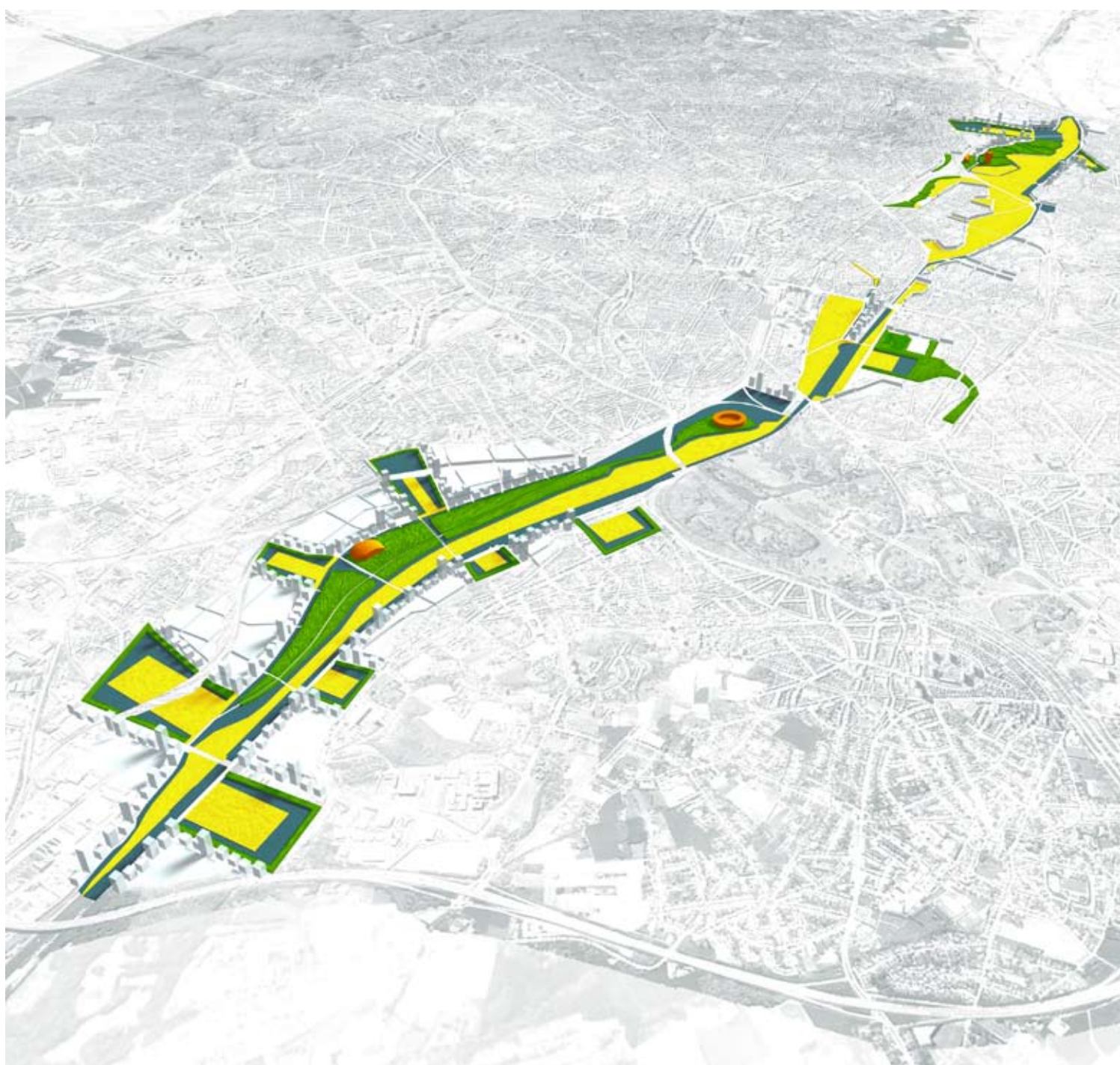
- 1- Friches dans la vallées de la Senne
- 2- Multiples cours d'eau : Canal, Senne, aire de variation et de percolation de la Senne
- 3- Séries de lagunes :
 - *jaune* : entre Canal et Senne, lagunes à gravier (impénétrables mais traversée par des drèves publiques)
 - *vert* : marais reconstitué valorisable en parc
 - *bleu* : eau épurée
- 4- Equipements publics implantés dans les parcs et transport collectif sur le canal
- 5- densification sur les nouveaux fronts et lagunes de quartier pour ces nouvelles aires

bruxelloise. La somme des surfaces de friche à réinvestir dans les vallées de la Senne et de la Woluwe est d'environ 1400 hectares. Une proposition significative semble possible.

Le projet dispose les différents éléments dans les traces de la topographie. Les lagunes s'organisent en bandes entre les différents cours d'eaux. Plusieurs équipements publics peuvent y prendre place. Des transports collectifs fluviaux relient les deux extrémités du ring. Des tours s'égrènent le long

des fronts de ce nouveau paysage, rythmées par de lagunes de quartier qui épurent les eaux de ces aires supplémentaires et raccordent les nouveaux édifices au tissu urbain existant. L'implémentation de ces hypothèses permettrait d'épurer 73% des eaux de Bruxelles et de construire des nouveaux logements pour plus de 150 000 personnes. Si la densité globale du projet est comparable à celle du reste de Bruxelles, l'implantation de tours a permis de dégager une importante surface de sol pour le traitement des eaux. De telle sorte qu'elle apparaisse sous un nouveau jour : à densité égale et en lieu fortement construit, ne permettent-elle pas un gestion plus écologique du territoire ?

Vue du projet à vol d'oiseau, depuis le nord-est de Bruxelles.



Comment l'implantation d'immeubles « tours » à Bruxelles pourrait s'inscrire dans le cours de son développement urbain et l'orienter durablement ?

L'agglomération bruxelloise qui a connu un développement radioconcentrique, est structurée par deux systèmes urbains remarquables : les chaussées qui datent du moyen-âge et les avenues et boulevards, héritage du XIX^{ème} siècle. Les premières reliaient la cité aux villes et villages avoisinants. Leur front bâti, discontinu et hétérogène, témoigne actuellement d'une construction lente et non concertée. Les seconds mènent à des parcs publics. Leur large profil arboré assure l'homogénéité d'un urbanisme volontaire.



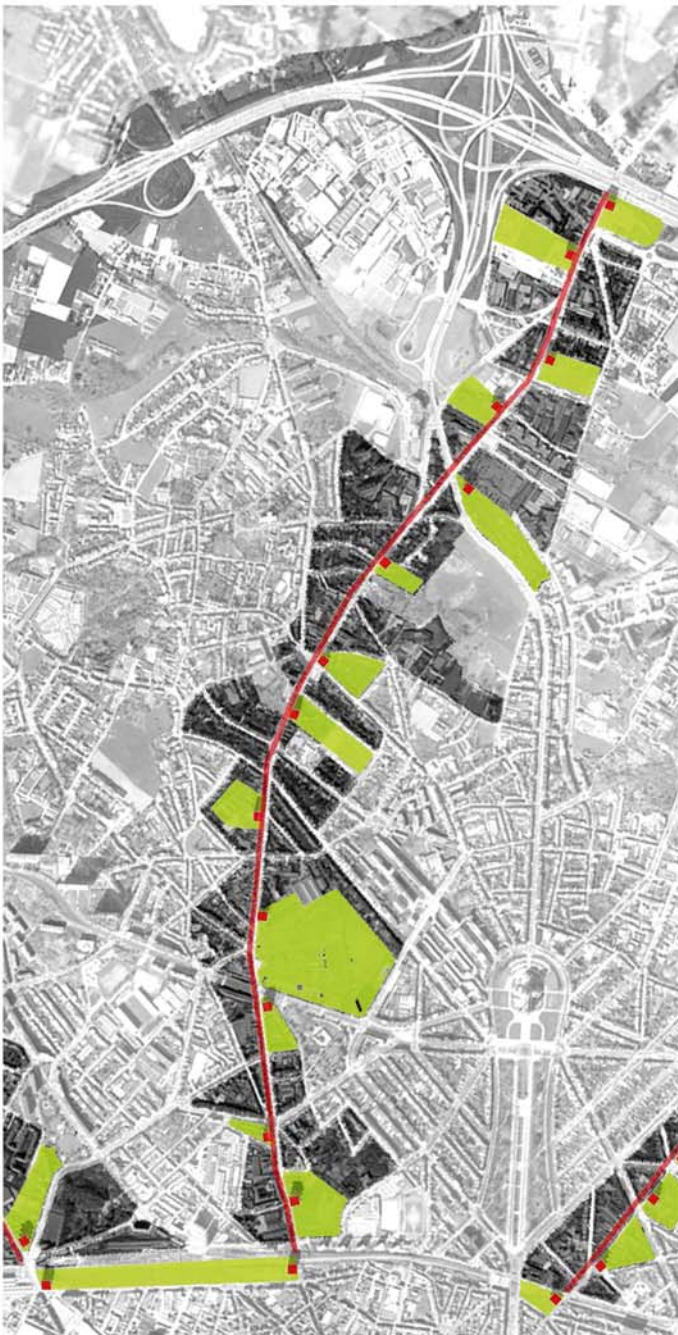
Les avenues et boulevards sont devenus l'emplacement commode de la circulation automobile. Leur connexion récente aux grandes infrastructures autoroutières leur confère le statut d'entrée privilégiée dans la ville. Les chaussées, parents pauvres de l'urbanisme bruxellois, sont, au revers des boulevards, leur complément délaissé.

S'il faut des tours à Bruxelles, la première proposition est de les implanter aux bords des chaussées et ce dans la deuxième couronne, soit dans une portion du territoire de la ville de faible densité et à fort potentiel de développement.

Une deuxième proposition est d'accompagner ce développement urbain par de nouvelles infrastructures de mobilité en équipant les chaussées de réseaux de transport alternatifs à la voiture : une ligne de tram, une piste cyclable. Or l'implantation d'une ligne de tram en site propre suppose, vu l'étroitesse des chaussées, d'y supprimer les places de parking latérales. Pour compenser cette perte, des parkings s'implantent perpendiculairement aux chaussées à pas régulier de 300 m environ pour la commodité des usagers, écart qui correspond à la distance entre deux arrêts de tram. Les tours profitent de ces parkings transversaux en s'y établissant et participent à leur financement.

Une dernière proposition est de transformer ces parkings en « vergers à voitures » en les arborant et les assortissant d'un sol perméable. De plus, ils sont doublés d'un parc de telle sorte qu'ils deviennent des « squares ».

L'égrainement des « squares », qualifie les chaussées. A l'inverse des boulevards et des avenues plantés continûment en leur milieu et aboutissant à de grands parcs, les chaussées sont ponctuées latéralement de « poches vertes ».



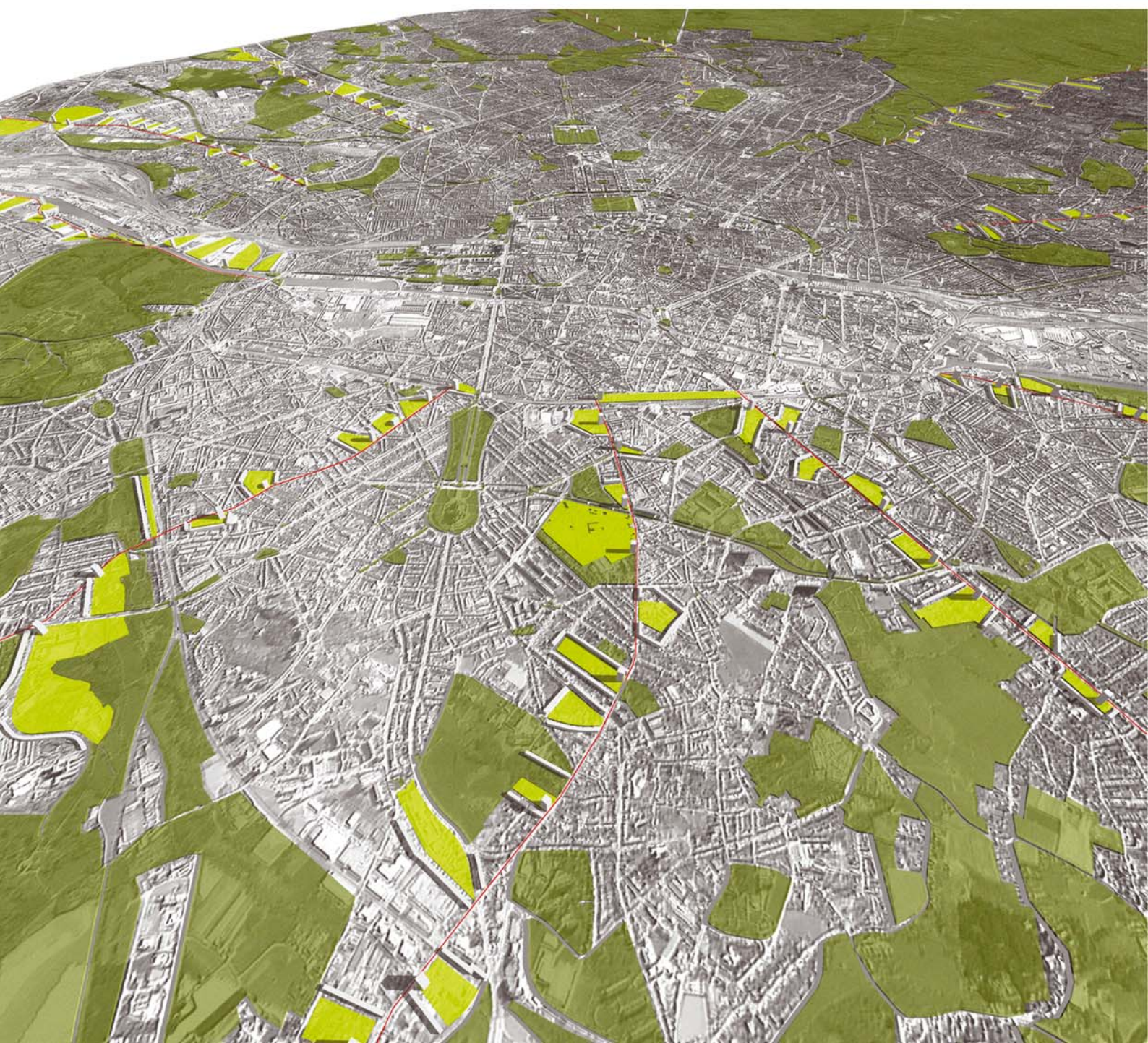
Ce projet a pour le moins deux effets remarquables.

Le premier est d'offrir, via les chaussées, un mode d'accès à Bruxelles, complémentaire à celui des avenues. Les lignes de tram et les pistes cyclables relient en effet le Ring (où sont implantés des « silos » à voiture) aux réseaux de transport en commun existants, favorisant une mobilité moins polluante.

Le deuxième est de renforcer le « maillage vert » de la deuxième couronne planifié par l'IBGE. Les squares augmentent la superficie d'« espace vert » de 31 fois le Parc Royal, réservant autant de « niches écologiques » à promouvoir.

Le projet possède aussi un corolaire : les parcelles bordant les squares sont valorisées. On peut ainsi prévoir à terme une augmentation des gabarits riverains. Or, si la construction de tours d'une hauteur de 50 mètres compense les surfaces de planchers démolis pour l'implantation des squares, une surélévation des immeubles bordant les squares de seulement trois étages double, à moindre coût, la quantité de planchers démolis.

Finalement, dans le système chaussée / square / tour proposé, les squares sont le moteur de densification du bâti existant des chaussées et, partant, un ressort pour le développement de Bruxelles.



Ministère de la Région de Bruxelles-capitale



**Objectivation
des avantages et inconvénients
des immeubles élevés à Bruxelles**

4

**HABITABILITÉ DE
L'ENVIRONNEMENT
DES TOURS**

Responsable de la recherche
Bernard Declève, URBA-UCL

Equipe de recherche

Nathalie Boton, CERES-UCL
Michaël Durbecq, URBA-UCL
Philippe Gruloos, ISA St Luc, ARCH-UCL
Christian Lasserre, CLI
Philippe Boland, ARCH-UCL

Auteur du rapport sur l'habitabilité de l'environnement des tours
Philippe Boland, ARCH-UCL

Avant-Propos

La note ci-après contribue à l'étude commandée à l'unité d'urbanisme de l'UCL par le ministère de la Région de Bruxelles-Capitale sur « la problématique des immeubles élevés (tours) de bureaux, de logements et mixtes en Région de Bruxelles-Capitale ».

La demande du ministère comporte deux grands volets:

- une objectivation des avantages et inconvénients des immeubles hauts selon divers points de vue (planification stratégique, urban design, architecture et techniques de construction, économie immobilière, droit de l'urbanisme, sociologie des usages et de la gestion) et en tenant compte des spécificités de la situation bruxelloise ;
- la définition de critères de localisation et d'analyse de projets urbains ou immobiliers comportant des immeubles hauts et la proposition de sites en Région bruxelloise éventuellement propices au développement de différentes catégories de projets.

Le rapport final de l'étude contient une note de synthèse et cinq notes thématiques:

1. Rapport de synthèse
2. La tour comme objet technique (62 p.)
3. Habitabilité de l'environnement des tours (51 p.)
4. La tour comme matériau de projet urbain
5. La tour comme objet d'économie immobilière
6. Outils de régulation juridique de la construction en hauteur

Une même démarche en quatre étapes a été suivie pour l'approche des cinq volets thématiques :
/1/Observation de cas / 2 / Recherche documentaire /3 / Identification de 'tendances' ou scénarios /
4 / Application au cas de la RBC et recommandation de critères.

Le raisonnement appliqué à Bruxelles s'inscrit dans un cadre de 10 objectifs régulateurs :

1. Promotion de l'habitat (la ville à vivre)
2. Création de logements abordables et diversifiés
3. Accessibilité des transports publics en dix minutes à pied et connexion sur des itinéraires de mobilité douce
4. Disponibilité de parcs et espaces verts en quantité suffisante
5. Préservation des ressources de l'environnement / recours aux techniques d'environnement durable
6. Une ville de 1 200 000 habitants ;
7. Imaginer les bureaux du futur
8. Favoriser l'Europe à Bruxelles
9. Optimiser les infrastructures
10. Développer l'emploi

Dans ce cadre d'objectif, l'application des critères issus des différentes notes fournit des éléments d'évaluation de la situation des tours à Bruxelles et du potentiel lié à un développement de grande hauteur dans deux scénarios de projet:

- reconstruction de la ville sur la ville (insertion de nouvelles tours dans le tissu existant, utilisation des tours comme matériau de restructuration des Z.I.R. et des zones leviers bruxelloises, recyclage des bâtiments hauts déjà existants)
- Extension urbaine.

Bernard Declève

Table des matières.

INTRODUCTION	5
PREMIERE PARTIE - INFLUENCE DES IMMEUBLES ÉLEVÉS SUR LES CONDITIONS DE VENT	7
1. Les outils d'évaluation du vent en milieu urbain	7
1.1. Les mesures sur site	
1.2. Les tests en tunnel à vent	
1.3. Les simulations CFD (Computational Fluid dynamics)	
1.4. Les outils simplifiés	
2. Le critère de confort des piétons par rapport au vent	12
3. Les problèmes d'inconfort au vent au pied des immeubles tours	15
3.1. Immeubles élevés et tissu urbain	
3.2. L'effet de coin	
3.3. Le rouleau tourbillonnaire	
4. Profil de l'immeuble de grande hauteur	22
4.1. Cas étudiés	
4.2. Résultats et interprétation	
4.3. Autres cas et questionnements	
5. Pistes d'amélioration vis-à-vis de l'inconfort au vent	33
5.1. Bâtiment isolé	
5.2. Ensemble de bâtiments	
DEUXIEME PARTIE – INFLUENCE DES IMMEUBLES ÉLEVÉS SUR LES CONDITIONS D'ENSOLEILLEMENT ET DE VUE DU CIEL	34
1. Potentiel d'ensoleillement des espaces publics et des bâtiments	34
1.1. L'effet d'obstruction	
1.2. Méthode de calcul de l'ombrage	
1.3. Ombre d'une tour au cours de l'année	
2. Vue directe sur le ciel dans la direction d'un immeuble élevé	40
2.1. Facteur vue du ciel	
2.2. Rayonnement solaire diffus	
2.3. Surfaces miroitantes	
2.4. Obstruction de l'immeuble tour	
CONCLUSION	44
Annexes	
1. Bibliographie	47
2. Fréquences des vents à Uccle	47
3. Profil de vent pour la région Bruxelloise	51

Index des tableaux

Tableau 1 :	Coefficients pour l'évaluation du vent d'après NBN B 03-002-1
Tableau 2 :	Fréquence du vent de chaque orientation

Index des schémas, plans, diagrammes et illustrations

Figure 1 :	Exemple de distribution des vitesses de l'air en plan à 2m du sol
Figure 2 :	Exemple de distribution des vitesses de l'air en coupe longitudinale
Figure 3 :	Exemple de distribution des vitesses de l'air en coupes transversales
Figure 4 :	Exemple de distribution des vitesses de l'air en coupes transversales

Figure 5 :	Méthode pour évaluer les vitesses du vent
Figure 6 :	Décomposition du facteur de transformation en fonction des différentes échelles
Figure 7 :	Fréquences de dépassement des vitesses de vent à Uccle, partie est (Reiter 2007)
Figure 8 :	Fréquences de dépassement des vitesses de vent à Uccle, partie ouest (Reiter 2007)
Figure 9 :	Evolution des hauteurs progressive
Figure 10 :	Effet canyon : courbes iso-vitesses et vecteurs-vitesses en coupe perpendiculaire au vent (Reiter 2007)
Figure 11 :	Effet canyon : courbes iso-vitesses et vecteurs-vitesses en coupe perpendiculaire au vent (Reiter 2007)
Figure 12 :	Schéma de principe de l'influence des changements de hauteurs ou au contraire de l'uniformité de celles-ci sur l'écoulement des vents
Figure 13 :	Schéma de principe de l'influence des changements de hauteurs ou au contraire de l'uniformité de celles-ci sur l'écoulement des vents
Figure 14 :	Survitesse à 1.5m de haut au pied d'une tour de 76m de haut ($H/h=4$) (Reiter 2007)
Figure 15 :	Légende pour l'étude de l'effet de coin
Figure 16 :	Légende pour l'étude de l'effet de coin
Figure 17 :	Plan des survitesses à 1.5m de haut pour un effet de coin pour un immeuble de dimensions $L=48m$, $H=24m$, $B=12m$ (Reiter 2007)
Figure 18 :	Survitesse au niveau piéton par un bâtiment de $H=48m$, $L=48m$ et $B=12m$ aux quatre coins du bâtiment pour un angle d'incidence de 0° à 90° antihorlogique (Reiter 2007)
Figure 19 :	Rapport U/U_0 maximal au coin d'un bâtiment $L=48$ et $B=12$ en fonction de sa hauteur (Reiter 2007)
Figure 20 :	Schéma de principe pour une certaine diminution des effets d'un bâtiment élevé sur l'écoulement des vents (Gandemer 1975)
Figure 21 :	Courbes iso-vitesses en plan à 1.5m de haut (Reiter 2007)
Figure 22 :	Courbes iso-vitesses en coupe (Reiter 2007)
Figure 23 :	Rapport U/U_0 maximal du rouleau tourbillonnaire pour un bâtiment $L=48$ et $B=12$ en fonction de sa hauteur (Reiter 2007)
Figure 24 :	Courbes iso-vitesses en coupe pour le cas 50m de hauteur sans socle
Figure 25 :	Courbes iso-vitesses en plan pour le cas 50m de hauteur sans socle
Figure 26 :	Courbes iso-vitesses en coupe pour le cas 100m de hauteur sans socle
Figure 27 :	Courbes iso-vitesses en plan pour le cas 100m de hauteur sans socle
Figure 28 :	Courbes iso-vitesses en coupe pour le cas 50m de hauteur avec socle simple
Figure 29 :	Courbes iso-vitesses en plan pour le cas 50m de hauteur avec socle simple
Figure 30 :	Courbes iso-vitesses en coupe pour le cas 100m de hauteur avec socle simple
Figure 31 :	Courbes iso-vitesses en plan pour le cas 100m de hauteur avec socle simple
Figure 32 :	Courbes iso-vitesses en coupe pour le cas 100m avec socle double en gradin
Figure 33 :	Courbes iso-vitesses en plan pour le cas 100m avec socle double en gradin
Figure 34 :	Courbes iso-vitesses en coupe pour le cas 100m avec socle double gradin inversé
Figure 35 :	Courbes iso-vitesses en plan pour le cas 100m avec socle double gradin inversé
Figure 36 :	Courbes iso-vitesses en coupe pour le cas 100m avec socle relevé-encaissé
Figure 37 :	Courbes iso-vitesses en plan pour le cas 100m avec socle relevé-encaissé
Figure 38 :	Courbes iso-vitesses en coupe pour le cas 100m avec socle et écrans additionnels
Figure 39 :	Courbes iso-vitesses en plan pour le cas 100m avec socle et écrans additionnels
Figure 40 :	Diagramme solaire de Bruxelles (la marque bleue est le soleil, ici à 12h le 21 juin)
Figure 41 :	Course de l'ombre d'une tour de section $x*x$ et de hauteur $2.5x$ à l'équinoxe de printemps
Figure 42 :	Course de l'ombre d'une tour de section $x*x$ et de hauteur $2.5x$ au solstice d'été
Figure 43 :	Course de l'ombre d'une tour de section $x*x$ et de hauteur $2.5x$ à l'équinoxe d'automne
Figure 44 :	Course de l'ombre d'une tour de section $x*x$ et de hauteur $2.5x$ au solstice d'hiver
Figure 45 :	Graphique synthétique de l'impact annuel de l'ombre d'une tour
Figure 46 :	Facteur vue du ciel et facteurs d'obstruction
Figure 47 :	Géométrie pour calculer la distance à partir de laquelle il est possible d'apercevoir le ciel depuis un point tel qu'un poste de travail ou un canapé au rez d'une maison environnante (plan sup ; coupe inf)

Index des photos

Photo 1 :	soufflerie aérodynamique
Photo 2 :	soufflerie aérodynamique

INTRODUCTION

Cette note sur l'habitabilité de l'environnement des tours aborde les impacts que peuvent avoir celles-ci sur l'environnement urbain dans lequel elles s'implantent et dont elles modifient inévitablement les ambiances au sens microclimatique du terme.

Une conception prudente et étudiée des ambiances urbaines doit pouvoir fournir une protection contre les aspects négatifs et une exposition aux aspects positifs de l'environnement climatique en milieu urbain, pour la majorité des utilisateurs pendant la plus grande partie du temps. L'étude de l'impact de l'implantation d'immeubles hauts dans le tissu urbain bruxellois telle que nous la traitons ici respectera ce principe de conception prudente.

Les principaux facteurs microclimatiques influencés par la présence d'immeubles hauts à prendre en compte pour des ambiances urbaines de qualité sont les suivants :

- Le confort au vent
- Le confort visuel
- Le confort thermique lié au confort au vent et à l'ensoleillement

Nous traiterons explicitement les deux premiers facteurs de confort respectivement dans la première et la seconde partie de cette note. Le confort thermique tributaire de deux causes principales, à savoir le vent et l'ensoleillement, ne sera pas traité à part entière mais envisagé dans les deux parties de cette note chacune pour leur apport spécifique dans la question du confort thermique.

En prélude à la suite de cette note et sans en dire plus dans cette introduction, nous pouvons dès à présent noter que les changements de hauteurs abrupts dans un tissu urbain relativement homogène créeront toujours des problèmes de vitesses de vent élevées et de turbulences au niveau piéton. Au sujet du confort visuel et de l'ensoleillement, nous noterons que l'immeuble de grande hauteur sera un facteur d'obstruction important de la vue du ciel et ce jusqu'à une distance relativement lointaine de son implantation. Sous nos latitudes bruxelloises, une telle obstruction sera globalement considérée comme désagréable car apportant un peu d'ombrage en été mais, par contre, devenant de réels obstacles à l'ensoleillement en hiver.

Pour clore cette introduction il est utile d'inviter le lecteur à prendre cette note pour ce qu'elle est à savoir une étude qui ne se veut certainement pas exhaustive de par l'extrême complexité de la mécanique des fluides ainsi que de la multitude des cas possibles qui pourraient survenir.

Une étude précise au cas par cas incluant précisément les paramètres du cadre environnant la tour envisagée est une étape incontournable au processus de conception de celle-ci ainsi qu'à la décision des pouvoirs urbanistiques d'octroyer le permis d'urbanisme permettant l'érection de l'édifice de grande hauteur concerné. Il en va du confort de l'espace public et de son environnement bâti, cela dans un rayon conséquent autour de l'édifice de grande hauteur.

Philippe Boland

PREMIERE PARTIE - INFLUENCE DES IMMEUBLES ÉLEVÉS SUR LES CONDITIONS DE VENT

1. Les outils d'évaluation du vent en milieu urbain

L'évaluation quantitative du vent en un site est une tâche très complexe. On ne peut jamais négliger le type de contexte local. Dans certains cas, comme au pied d'un bâtiment élevé, une situation locale peut être totalement différente du macroclimat de la région.

En général, toutes les méthodes d'évaluation du vent au niveau local consistent à déterminer un rapport de recalage entre les statistiques du vent à la station météorologique la plus proche et le vent qui aura lieu en moyenne sur le site considéré. Il s'agit donc d'un facteur propre à chaque site qui dépend à la fois de la topographie locale, de la rugosité du sol, de la présence et des dimensions des obstacles (bâtiments, arbres,...) ainsi que de la hauteur d'évaluation de la vitesse du vent au niveau du site étudié. En réalité, il est souvent nécessaire d'établir différents rapports de recalage entre les données statistiques météorologiques et les caractéristiques du vent en un endroit spécifique en fonction des différents types de terrains et des obstacles qui entourent le lieu considéré. En général, on définit un certain nombre de secteurs angulaires qui présentent des caractéristiques similaires et on détermine ensuite un rapport de recalage basé sur les valeurs moyennes pour les hauteurs d'obstacles, la rugosité du terrain et sa pente sur chacun de ces secteurs d'orientation. Quand l'environnement est trop complexe, on peut choisir une division théorique en seize orientations (N, NNE, NE,...). Dans le cas d'un espace très homogène, bien entendu, ces secteurs doivent être regroupés pour le calcul. Ainsi, le cas d'un terrain bordé d'un seul bâtiment isolé peut être divisé en deux secteurs : le terrain dégagé d'un côté et le bâtiment de l'autre.

Les méthodes d'évaluation du vent en milieu urbain sont de quatre types :

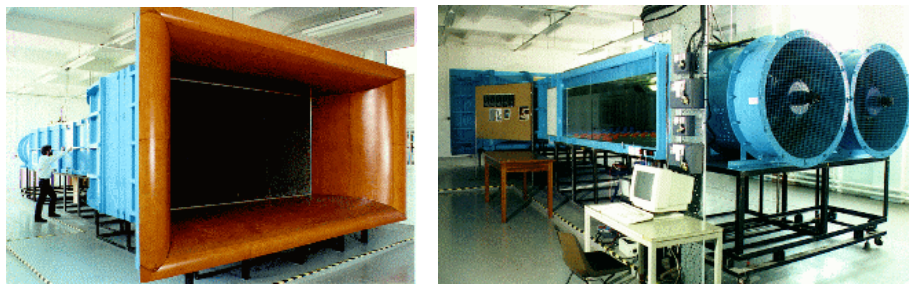
- les mesures sur site,
- les tests en tunnel à vent,
- les simulations CFD (Computational Fluid Dynamics),
- Les outils simplifiés.

1.1. Les mesures sur site

Les mesures sur le site ont l'avantage que les résultats obtenus sont ceux d'une situation réelle, où l'influence de tous les immeubles et des obstacles présents sont inclus. Cette méthodes d'évaluation permet d'obtenir les valeurs du vent sur un site déjà construit mais ne suffit malheureusement pas à évaluer l'impact d'un projet non encore construit ou la transformation d'une configuration existante sur les caractéristiques de vent locales ni de juger des qualités liées au vent au sein d'un projet d'espace public ou de quartier en phase de conception. Les mesures sur site sont donc peu utiles aux concepteurs de projets d'architecture et d'urbanisme et leur servent uniquement en cas d'intervention de petite dimension dans un tissu déjà construit ou bien pour faciliter la précision d'évaluation des autres méthodes décrites ci-dessous.

1.2. Les tests en tunnel à vent

Les études en soufflerie sont les plus courantes. Les tests en soufflerie ont l'avantage que des résultats fiables peuvent être obtenus pour un grand nombre de combinaisons de vitesses et de directions du vent pour la même maquette. Il est également possible de tester en soufflerie aérodynamique le confort au vent généré dans un projet en stade de la planification. Mais la complexité de l'essai et le traitement des données d'un test en soufflerie nécessitent l'intervention d'un spécialiste et l'accès à une soufflerie. C'est pourquoi, les concepteurs de projets les utilisent généralement uniquement en dernière phase du projet dans les cas de risques importants liés au vent. Ainsi, les souffleries aérodynamiques ne servent pas en pratique d'outils d'aide à la conception pendant le processus d'élaboration du projet mais plutôt d'instrument de recherche et de méthode d'étude du vent par rapport à un projet finalisé ou une situation existante problématique.



Photos 1 et 2 : soufflerie aérodynamique

Les résultats des tests en soufflerie sont validés depuis longtemps par rapport à des cas réels et sont donc considérés comme donnant des valeurs quantitatives très représentatives des situations réelles.

Dans le cas d'une étude en soufflerie, on veillera à choisir une soufflerie étalonnée et validée.

1.3. Les simulations CFD (Computational Fluid Dynamics)

Une alternative à la soufflerie est de développer un modèle numérique de l'espace et de ses environs afin d'y simuler la circulation de l'air – une sorte de soufflerie virtuelle. Les programmes pour ce type de simulations sont appelés «logiciels de simulation en dynamique des fluides» (CFD) et comportent l'avantage que n'importe laquelle des combinaisons de vitesses et de directions du vent et de configuration de l'espace et des environs peuvent être évaluées.

Cependant, les calculs impliquent des ressources informatiques importantes et il est nécessaire que l'utilisateur de ces logiciels soit expérimenté et qu'il comprenne bien cette problématique complexe de la circulation d'air. L'utilisation de logiciels de mécanique des fluides est impossible pour un architecte non initié à la mécanique des fluides et nécessite donc l'intervention de spécialistes. De plus, la validation de ces logiciels par rapport à l'étude des mouvements d'air autour des bâtiments doit être réalisée pour chaque logiciel spécifique.

Le logiciel FLUENT a été validé pour l'analyse du confort des piétons dans la thèse de doctorat suivante : « S. Reiter, Elaboration d'outils méthodologiques et techniques d'aide à la conception d'ambiances urbaines de qualité pour favoriser le développement durable des villes, thèse UCL, Louvain-la-neuve, 2007 ».

Les figures ci-dessous montrent les résultats de simulations FLUENT réalisées par Sigrid Reiter pour le cas d'un bâtiment élevé situé en milieu urbain dense de hauteur homogène. L'échelle des vitesses est la même en plan et en coupes.

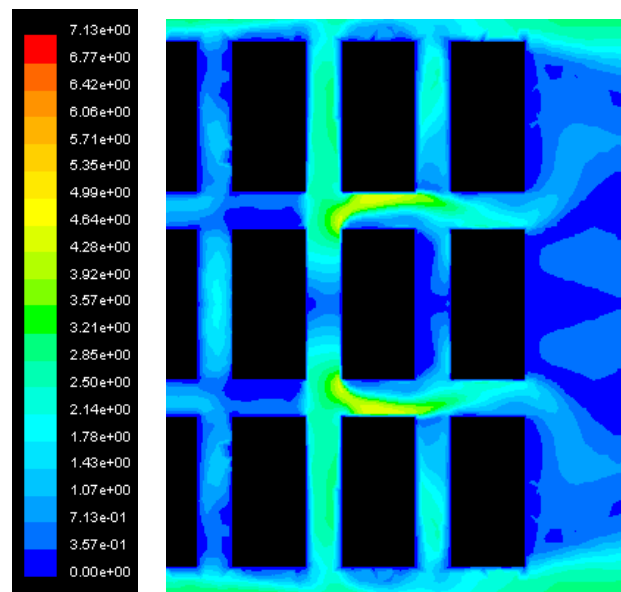


Figure 1 : exemple de distribution des vitesses de l'air en plan à 2m du sol

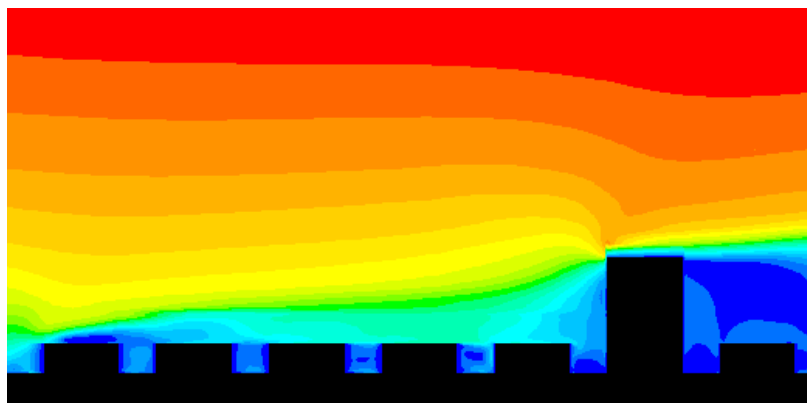
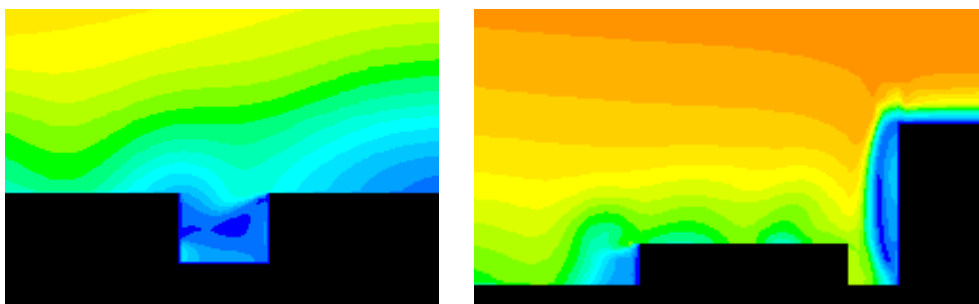


Figure 2 : exemple de distribution des vitesses de l'air en coupe longitudinale



Figures 3 et 4 : exemples de distribution des vitesses de l'air en coupes transversales

1.4. Les outils simplifiés

L'architecte qui dessine son plan masse prend un grand nombre de décisions successives. Les mesures sur site, les essais en soufflerie et les simulations à l'aide de logiciels de mécanique des fluides n'apportent pas une aide applicable durant les premiers stades du projet. Les premières esquisses et les premiers volumes dessinés, les architectes ont besoin d'un outil pour évaluer les choix de base de leurs projets, afin d'aboutir à des avant-projets de haute qualité environnementale. Un outil de prédétermination du comportement du vent en site urbain est donc nécessaire dans une première phase du projet.

Des outils graphiques quantitatifs ont été développés par Sigrid Reiter dans le cadre de sa thèse de doctorat : « S. Reiter, Elaboration d'outils méthodologiques et techniques d'aide à la conception d'ambiances urbaines de qualité pour favoriser le développement durable des villes, thèse UCL, Louvain-la-neuve, 2007 »

Ces outils ont été développés à partir de simulations réalisées à l'aide du logiciel FLUENT, après avoir validé cet outil par rapport à différents tests en tunnel à vent trouvés dans la littérature. La validation du logiciel FLUENT ainsi que le développement des différents outils graphiques quantitatifs pour l'étude du vent autour des bâtiments et leur explication peuvent être trouvés dans cette thèse de doctorat.

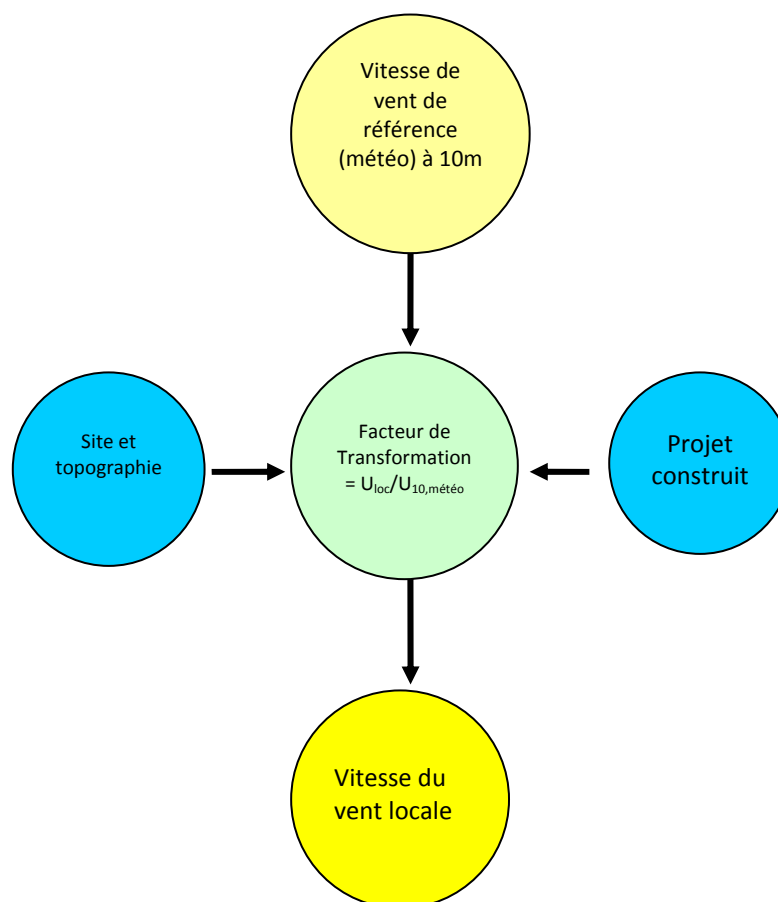


Figure 5 : Méthode pour évaluer les vitesses du vent

La méthode proposée pour évaluer les vitesses du vent est synthétisée dans le schéma ci-dessus. Un facteur de transformation permet d'obtenir les vitesses locales du vent à partir des vitesses de l'air à la station météorologique la plus proche. Ce facteur de transformation dépend à la fois de la rugosité du terrain et de la topographie environnante ainsi que du contexte construit.

Le schéma ci-dessous explique la décomposition de ce facteur de transformation en fonction des différentes échelles.

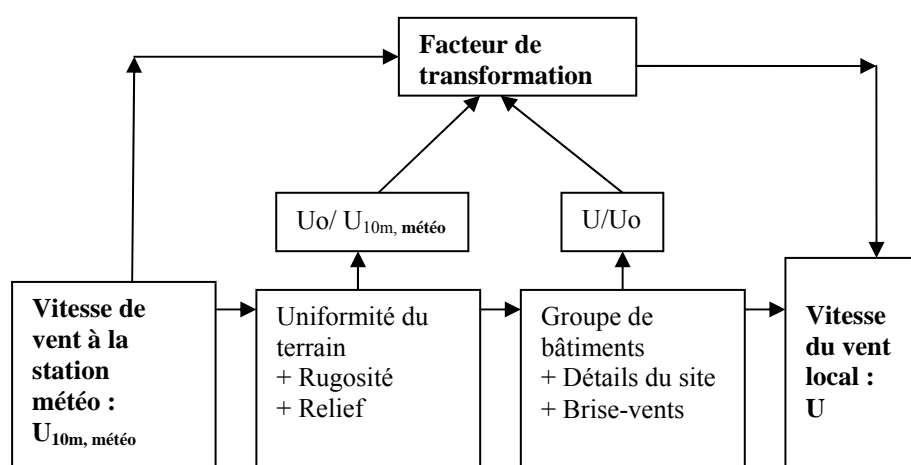


Figure 6 : Décomposition du facteur de transformation en fonction des différentes échelles

1.5. Méthode d'évaluation du vent au niveau piéton

La méthode d'évaluation du vent au niveau piéton nécessite d'évaluer dans un premier temps l'influence de la rugosité du terrain et de la hauteur à laquelle le vent est étudié par rapport aux données de la station météorologique la plus proche.

Après une analyse des valeurs de rugosité des terrains donnés dans la norme belge NBN B 03-002-1, par l'atlas européen du vent et par différentes publications scientifiques (Davenport 1960 ; Oke 1987 ; Wieringa 1992 ; Santamouris 1998), le choix de Sigrid Reiter et le nôtre se porte sur la formule et le tableau ci-dessous afin de déterminer la vitesse du vent (U) en fonction du type de terrain (paramètres K et a) et de sa hauteur d'évaluation (Z) ainsi que de la vitesse du vent à la station météorologique la plus proche ($U_{10m, météo}$).

Toutes les simulations et les outils graphiques quantitatifs utilisés dans cette étude sont basés sur le profil de vent urbain (bâti continu), à une hauteur d'évaluation à 1.5m du sol pour analyser au mieux le confort des piétons et selon l'hypothèse que le relief du terrain est faible.

$$U = K z^a U_{10m, météo}$$

Terrain	K	α	Z_0	d
Mer	0.7	0.14	0.005	0
Station météo ; terrain totalement dégagé	0.68	0.17	0.03	0
Campagne avec brise-vents	0.52	0.2	0.1	0.7h
Tissu suburbain	0.4	0.235	0.5	0.8h
Tissu urbain (bâti continu)	0.35	0.25	1	0.8h
Centre-ville très dense avec bâtiments très irréguliers	0.21	0.33	2.5	0.8h

Tableau 1 : Coefficients pour l'évaluation du vent d'après NBN B 03-002-1

Le profil de vent urbain de référence pour l'ensemble des simulations de cette études, avec U10,météo d'Uccle, est repris en annexe.

2. Le critère de confort des piétons par rapport au vent

Le critère de confort des piétons par rapport au vent est le suivant : $P(U > 5 \text{ m/s}) < P_{\text{max}}$, avec U vitesse moyenne horaire à 1.5 m du sol. P_{max} est une probabilité maximale de 5% pour un long séjour immobile et de 10% pour un court séjour immobile. Ou autrement dit de manière plus simpliste, le vent ne peut excéder la vitesse de 5m/s plus de 5% du temps dans des zones d'arrêt et 10% du temps dans des endroit de moindre arrêt. Pour garantir le confort des piétons, on veillera donc à ce que les probabilités de dépassement de la vitesse limite de confort (5m/s) ne dépassent pas les probabilités respectives de 5% et 10%.

Dans tous les cas où les effets critiques pour le confort des piétons sont générés par plusieurs orientations du vent, leurs risques mutuels doivent être pondérés en fonction de la probabilité d'occurrence du vent dans chaque orientation puis additionnés les uns aux autres.

Le pourcentage d'inconfort total vaut alors :

$$\Sigma [(C(\theta) * k(\theta))] / 100 \text{ [en \%]}$$

Où $C(\theta)$ est le pourcentage de dépassement de la vitesse du vent $U_{\text{météo}}$, max en fonction de l'orientation du vent (θ)

$k(\theta)$ est le pourcentage d'occurrence du vent d'orientation θ

Le tableau des fréquences de dépassement (%) des vitesses de vent à la station météorologique de Uccle (Bruxelles) est donné en annexe. Les schémas qui suivent représentent de manière graphique ces fréquences de dépassement des vitesses de vent à Uccle (Bruxelles) en fonction de l'orientation.

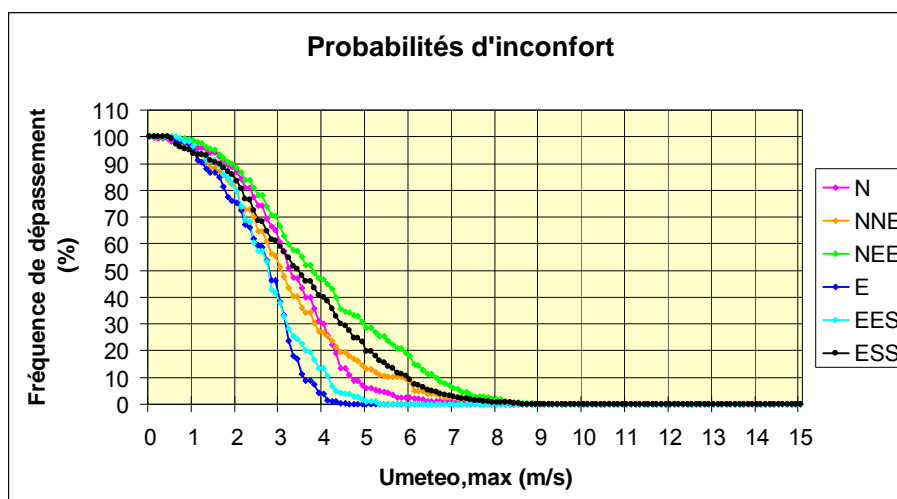


Figure 7 : Fréquences de dépassement des vitesses de vent à Uccle, partie est (Reiter2007)

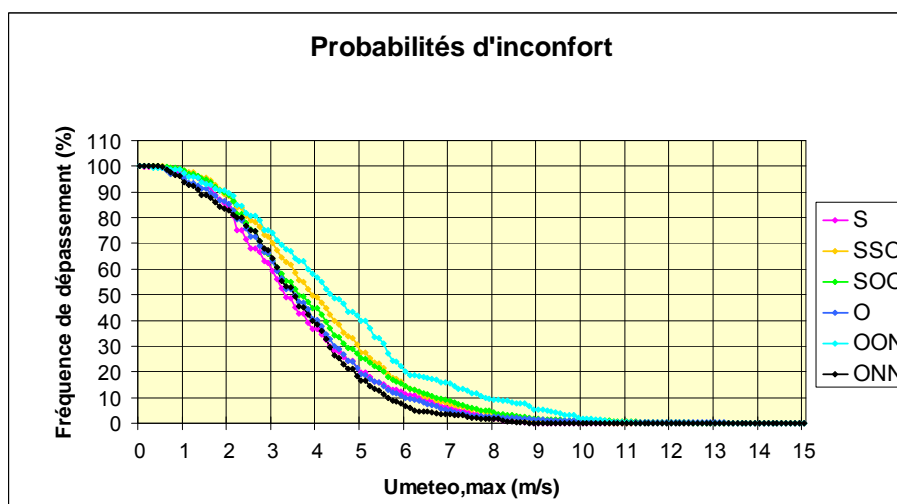


Figure 8 : Fréquences de dépassement des vitesses de vent à Uccle, partie ouest (Reiter 2007)

La pondération des différentes probabilités déterminées pour chaque secteur angulaire est donnée par la fréquence du vent de chacune de ces orientations suivant le tableau ci-dessous.

Orientation	Angle	Fréquence $k(\theta)$ (%)
NNE	15-44	3,5
NEE	45-74	8,7
E	75-104	2,4
EES	105-134	2,1
ESS	135-164	7,5
S	165-194	8,5
SSO	195-224	14
SOO	225-254	28
O	255-284	8,7
OON	285-314	4,2
ONN	315-344	7,7
N	345-14	4,7

Tableau 2 : Fréquence du vent de chaque orientation

La vitesse maximale admissible de la vitesse du vent à la station météorologique doit être calculée, pour chaque secteur de vent, en fonction de la formule suivante :

$$U_{\text{météo, max}} = U_{\text{site, max}} / (K z^{\alpha} (U/U_0))$$

où *K* vaut 0.35 pour un site urbain

α vaut 0.25 pour un site urbain

U est la vitesse du vent sur le site réel à la hauteur *Z*

U₀ serait la vitesse du vent sur le site sans obstacle (aucun bâtiment,...) à la hauteur *Z*

U_{site, max} est la vitesse maximale admise au niveau des piétons. Selon notre critère de confort,

U_{site, max} = 5m/s.

Z est la hauteur à laquelle la vitesse du vent est mesurée, ici : 1.5m

On obtient donc la formule suivante :

$$U_{\text{météo, max}} = 5 / (0.387 (U/U_0))$$

où *U_{météo, max}* est la vitesse de vent maximale permise à 10m de haut à la station météorologique pour assurer le confort des piétons sur le site.

U/U₀ dépend de la morphologie construite du site.

Le rapport *U/U₀* peut être évalué à partir des outils graphiques quantitatifs élaborés dans la thèse de Sigrid Reiter pour un profil de vent urbain et une hauteur de 1.5m par rapport au sol. (Reiter 2007)

3. Les problèmes d'inconfort au vent au pied des immeubles tours

En fonction des statistiques du vent à Uccle, on peut conclure en toute première approximation qu'un bâtiment ou un groupe de bâtiments ne créant qu'un seul effet critique du vent peut être considéré comme confortable à Bruxelles quelque soit l'orientation du vent si le rapport U/U_0 généré dans cette orientation reste inférieur ou égal à 1.4, U étant la vitesse du vent sur le site et U_0 la vitesse du vent à la station météorologique.

Cette valeur correspond à l'hypothèse que, dans les espaces publics de détente, la fréquence maximale de dépassement de la limite de confort vaut 5% (long séjour immobile) pour les espaces publics de repos tels que places et parcs. La limite du rapport U/U_0 peut-être élevée à 1.65 dans le cas d'une limite de confort de 10% (court séjour immobile), minimum requis pour les espaces publics de liaison (rues, boulevards, etc). Evidemment si plusieurs effets critiques se cumulent pour un même ensemble bâti, la limite du rapport U/U_0 acceptable doit être diminuée en conséquence.

3.1. Immeubles élevés et tissu urbain

Les tissus des villes anciennes, par leur densité élevée et leurs hauteurs relativement homogènes (hauteur moyenne R+4), forcent une grande partie du vent à les franchir par-dessus les toits.

D'autre part, dans les villes, foncier oblige, le centre présente en général des hauteurs de bâtiments supérieures à celles des constructions périphériques.

Pour que le vent soit dévié globalement au-dessus de la ville, les modifications de la hauteur des édifices doivent évoluer progressivement.

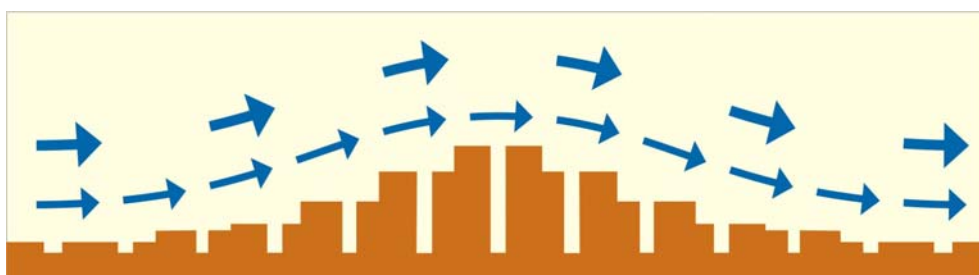
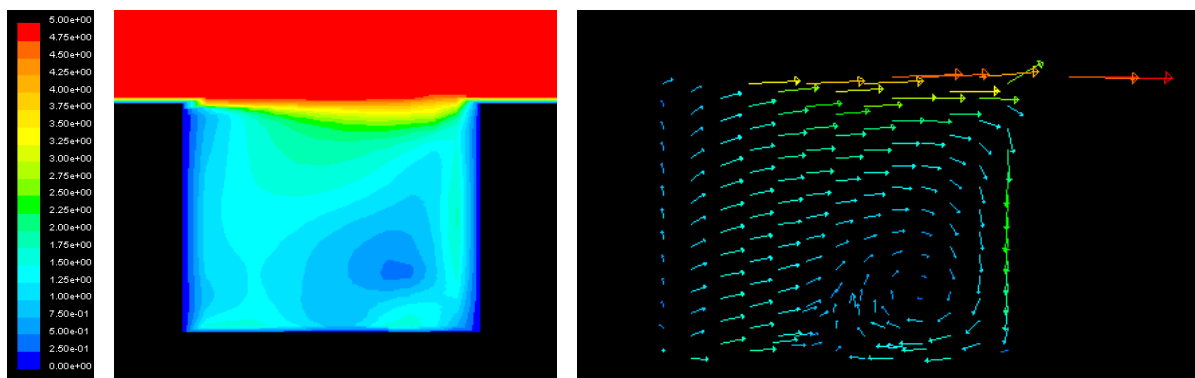


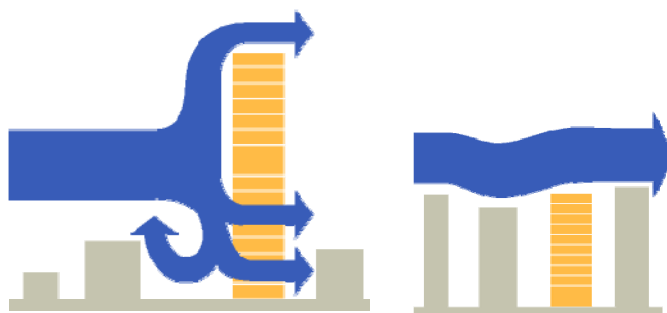
Figure 9 : Evolution des hauteurs progressive

L'effet de protection dans ces types de plan masse (bâti dense de hauteur homogène ou progressive) est considérable. Les coupes ci-dessous présentent les résultats obtenus à l'aide de FLUENT des mouvements d'air dans un canyon perpendiculaire au vent dont le rapport H/W (hauteur/largeur) vaut 0.76. Les bâtiments ont 19m de haut et la largeur des rues est de 25m. Le premier graphique donne les courbes iso-vitesses et le second les vecteurs-vitesses. Le rapport U/U_0 reste inférieur à 0.4 au niveau piéton dans ce type de rues protégées du vent.



Figures 10 et 11 : Effet canyon : courbes iso-vitesses et vecteurs-vitesses en coupe perpendiculaire au vent (Reiter 2007)

Les changements de hauteur abrupts créent toujours des problèmes au niveau piéton. Ainsi, des zones de transition doivent être créées pour éviter des changements de hauteur qui dépassent 100% de la hauteur de la zone précédente.



Figures 12 et 13 : Schéma de principe de l'influence des changements de hauteurs ou au contraire de l'uniformité de celles-ci sur l'écoulement des vents

L'implantation d'un bâtiment de grande hauteur dans un tissu de hauteur homogène et relativement faible, dont un exemple type est le tissu ancien de nos centres villes, perturbe de manière violente le pied immédiat de la tour sur un rayon de l'ordre du diamètre de la base. De plus, sa présence accroît nettement l'inconfort jusqu'à un rayon de l'ordre de la hauteur de ce bâtiment élevé.

Toutefois, les bâtiments de petite hauteur entourant un bâtiment élevé diminuent légèrement l'impact inconfortable du vent autour du bâtiment élevé par rapport à un bâtiment de même hauteur en site dégagé.

Les bâtiments élevés sont les bâtiments dont la hauteur est au moins du double de la hauteur moyenne du tissu urbain environnant. La vitesse maximale de l'air au niveau piéton dépend essentiellement dans ce cas du rapport entre la hauteur du bâtiment élevé et la hauteur moyenne des bâtiments environnants : H/h . Lorsque le rapport H/h s'accroît, le rapport U/U_0 au niveau piéton augmente.

La simulation suivante a été réalisée avec notre profil de vent urbain habituel, celui-ci est détaillé en annexe. Le graphique ci-dessous présente les effets critiques du vent autour d'un bâtiment de 76m de haut au sein d'un milieu urbain formé de blocs homogènes de 19m de haut, 100 m de long et 50m de large. Le rapport H/W des rues vaut 0.76.

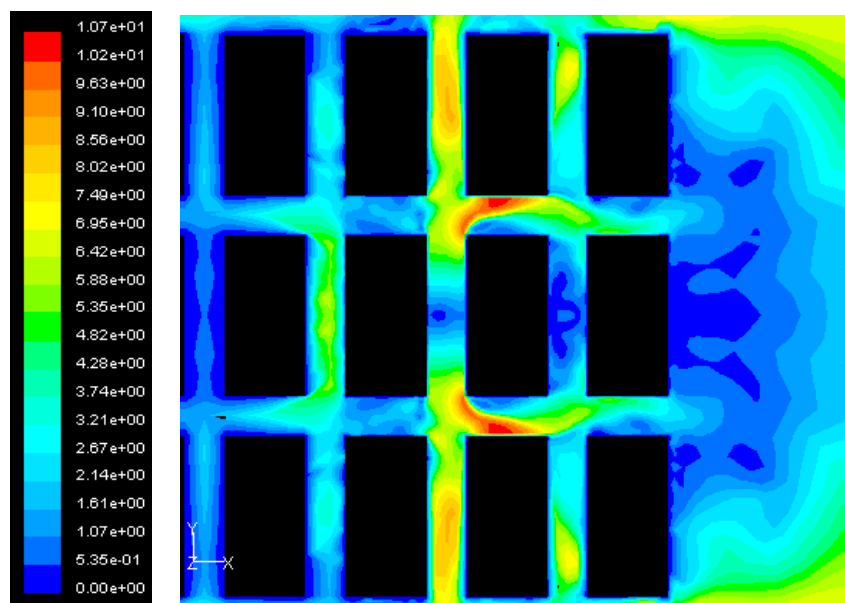


Figure 14 : Survitesses à 1.5m de haut au pied d'une tour de 76m de haut ($H/h=4$) (Reiter 2007)

Ainsi, la présence d'un bâtiment très élevé modifie totalement le comportement de l'air dans les rues avoisinantes.

Notons par ailleurs que l'effet de coin critique au pied d'un bâtiment élevé situé dans un milieu urbain dense est seulement diminué de 10% par rapport à un bâtiment élevé isolé.

3.2. L'effet de coin

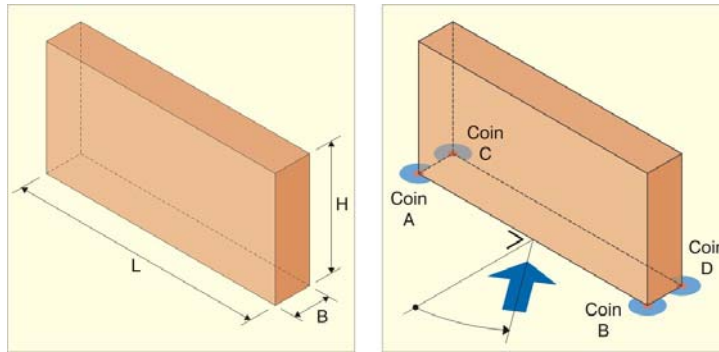
L'effet de coin est l'effet aérodynamique le plus critique au pied d'un bâtiment élevé isolé.

Si le rapport U/U_0 vaut 1.5, pour assurer le confort des piétons, on aura $U_{\text{meteo,max}} = 5 / 0.5805 = 8.61 \text{ m/s}$. Il suffit alors de trouver quelle est la probabilité, en Belgique, que les vitesses du vent dépassent 8.61 m/s pour l'orientation du vent générant cet effet de coin. D'après les tableaux donnés en annexe, la fréquence de dépassement d'un vent de vitesse 8.61 m/s dans la direction SOO (la plus fréquente: 28% du temps) est de 2.4%. Cette valeur correspond au paramètre $C(\text{SOO})$.

Le même calcul doit alors être réalisé pour les différentes orientations du vent et ces pourcentages de temps inconfortables pour les piétons doivent être pondérés et additionnés selon la formule suivante :

$$\Sigma [(C(\theta) * k(\theta)) / 100] \text{ [en \%]}$$

Etudions l'effet de coin pour un bâtiment élevé isolé de hauteur H , de longueur L et de largeur B . Les coins de la façade au vent du bâtiment ont été baptisés « coin A » et « coin B », les deux coins de la façade sous le vent « coin C » et « coin D ».



Figures 15 et 16 : Légende pour l'étude de l'effet de coin

Le graphique ci-dessous montre l'effet de coin autour d'un bâtiment de 24m de haut, 48m de long et 12m de large, pour un angle d'incidence du vent de 0°. Il s'agit de la distribution des vitesses moyennes du vent en plan à 1.5m de haut et en coupe 3m après la façade au vent du bâtiment. L'échelle sur le côté gauche donne la vitesse moyenne du vent en m/s au niveau piéton. On voit bien les survitesses engendrées au niveau des coins au vent du bâtiment et leur prolongement dans un sillage à vitesse élevée.

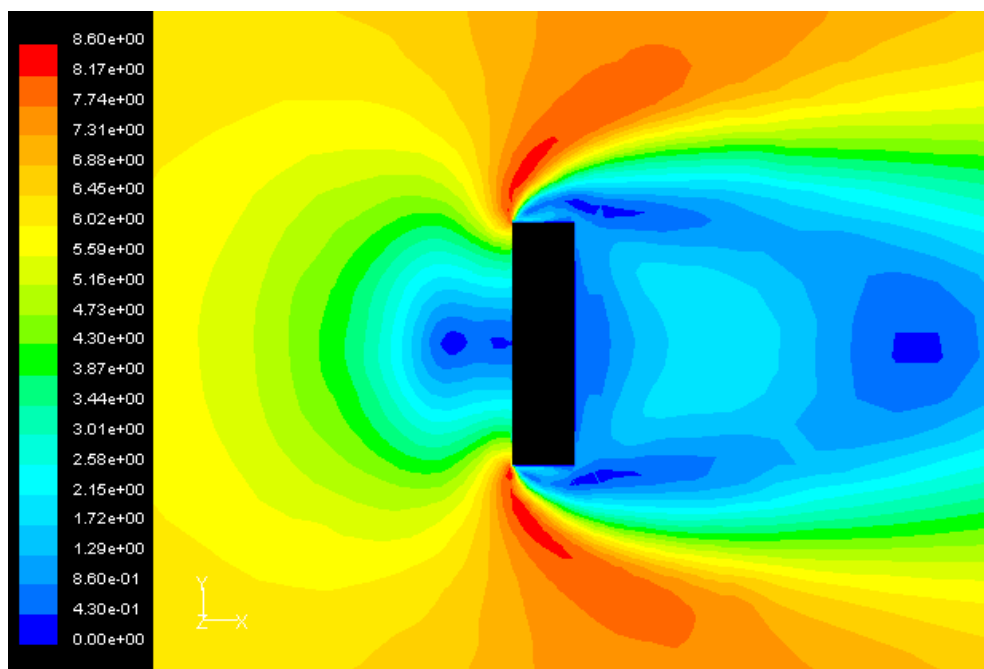


Figure 17 : Plan des survitesses à 1.5m de haut pour un effet de coin pour un immeuble de dimensions $L=48m$, $H=24m$, $B= 12m$ (Reiter 2007)

Le graphe ci-dessous donne une évaluation quantitative des survitesses générées au niveau piéton par un bâtiment de 48m de haut, de 48m de long et de 12m de large aux quatre coins du bâtiment lorsque l'angle d'incidence α varie de 0° à 90° dans le sens antihorlogique.

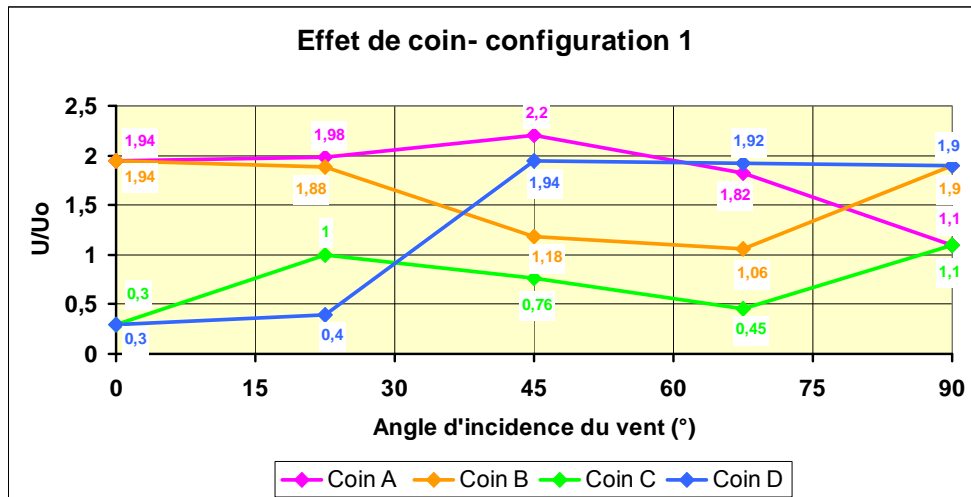


Figure 18 : Survitesses au niveau piéton par un bâtiment de $H=48m$, $L=48m$ et $B=12m$ aux quatre coins du bâtiment pour un angle d'incidence de 0° à 90° antihorlogique (Reiter 2007)

Pour évaluer l'effet de la hauteur du bâtiment élevé sur le confort au niveau piéton, des simulations ont été réalisées avec différentes hauteurs H pour un bâtiment de $48m$ de long et de $12m$ de large avec un vent perpendiculaire (incidence du vent $=0^\circ$). Le graphe suivant donne le rapport U/U_o maximal simulé au coin de ce bâtiment pour des hauteurs H de $12m$, $24m$, $36m$, $48m$, $72m$, $96m$, et $192m$.

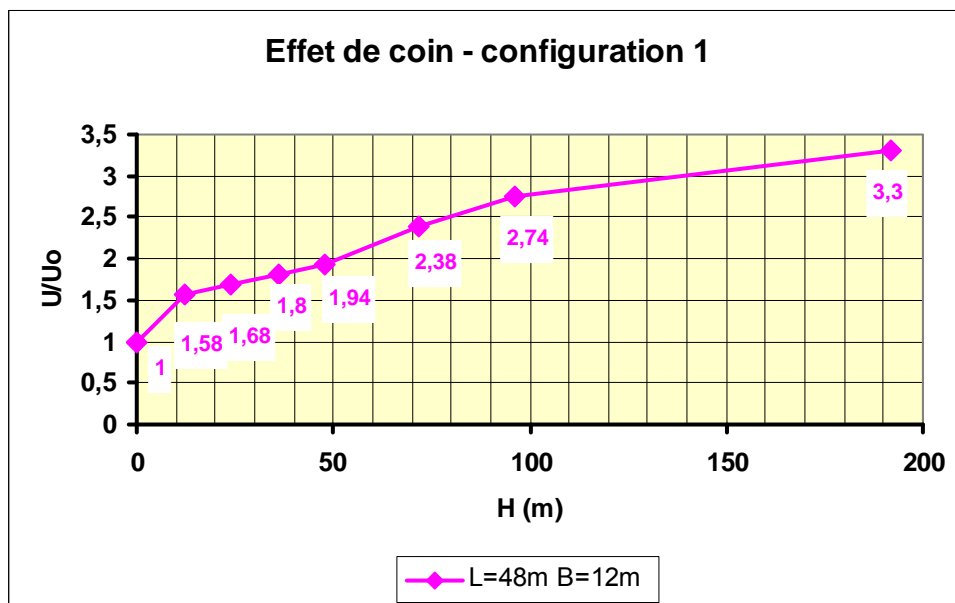


Figure 19 : rapport U/U_o maximal au coin d'un bâtiment $L=48$ et $B=12$ en fonction de sa hauteur (Reiter 2007)

Ce graphe montre que les niveaux d'inconfort au vent au coin d'un bâtiment s'accroissent rapidement avec la hauteur de celui-ci. Selon les vitesses de vent à Uccle, il y a un inconfort au vent au niveau du coin de tous les bâtiments isolés dépassant $10m$ de haut lorsque le bâtiment n'est pas protégé par de la végétation ou d'autres bâtiments.

Pour limiter l'effet de coin au pied des bâtiments exposés au vent, on peut donner quelques conseils architecturaux :

1/ Diminuer la hauteur du bâtiment le long des espaces publics, surtout à proximité des coins. Cela peut se faire par exemple par le fait de ceinturer un bâtiment par un élément de hauteur moins élevée : socle, rez-de-chaussée créant une avancée, galerie fermée, ...

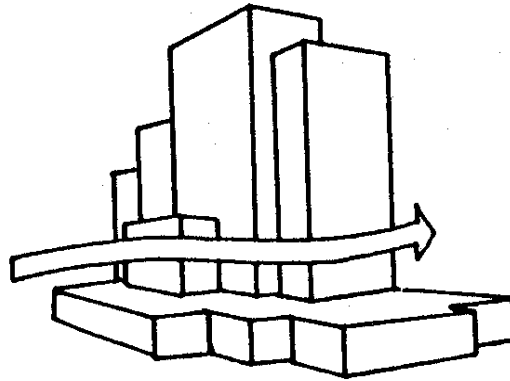


Figure 20 : schéma de principe pour une certaine diminution des effets d'un bâtiment élevé sur l'écoulement des vents (Gandemer 1975)

2/ Dans le cas de deux bâtiments parallèles, un effet de protection au pied des coins des deux bâtiments apparaît lorsque le premier bâtiment présente une hauteur comprise entre 0.4 et 0.6 fois la hauteur du second bâtiment dans la direction du vent. Une solution pour l'imiter l'effet de coin est donc de densifier le voisinage immédiat du bâtiment élevé par des constructions moins élevées, dont le rapport de hauteur devrait idéalement se situer dans l'intervalle suivant : $1.6 \leq H/h \leq 2.5$

3.3. Le rouleau tourbillonnaire

A l'avant de la face au vent des bâtiments se constitue un espace de recirculation de l'air : le rouleau tourbillonnaire. Pour la majorité des bâtiments, ce phénomène génère une zone protégée du vent, où les vitesses de l'air sont faibles. En revanche, pour de très hauts bâtiments, cette zone de protection existe mais elle est réduite et coupée en deux par une surface où les vitesses de l'air sont importantes. La zone verte sur le graphique ci-dessous correspond à la zone de survitesses que constitue le rouleau tourbillonnaire pour les bâtiments très élevés.

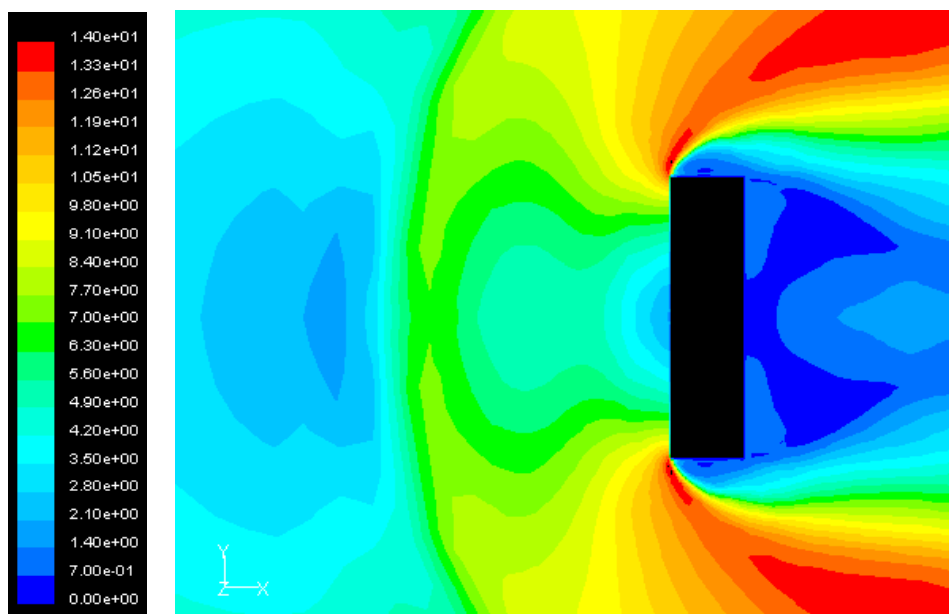


Figure 21 : Courbes iso-vitesses en plan à 1.5m de haut (Reiter 2007)

La coupe ci-dessous représente l'écoulement du vent autour de ce bâtiment de 96m de haut, 48m de long et 12m de large. Cette coupe a été réalisée au centre du bâtiment. Attention : l'échelle des vitesses n'est pas identique sur le plan et la coupe.

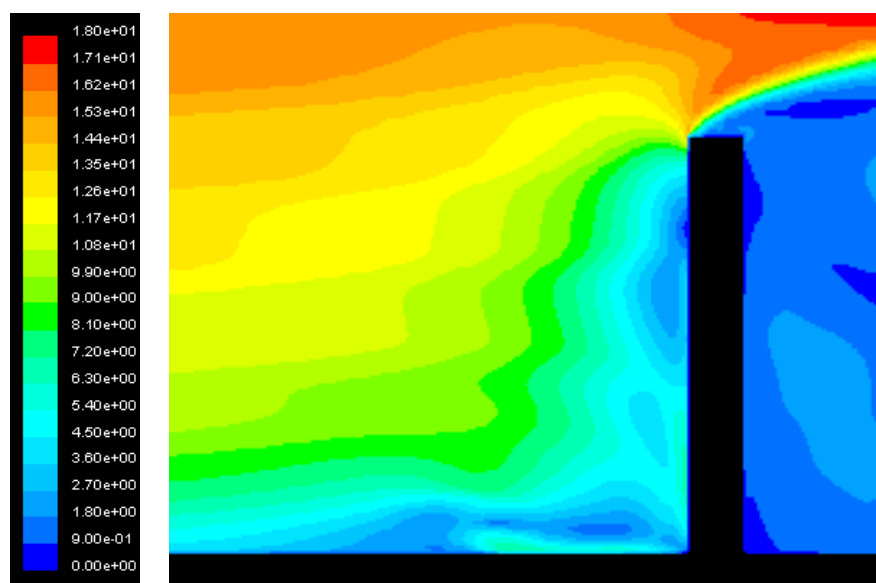


Figure 22 : Courbes iso-vitesses en coupe (Reiter 2007)

Le graphe ci-dessous donne le rapport U/U_0 maximal du rouleau tourbillonnaire au pied d'un bâtiment de 48m de long pour des hauteurs H de 24m, 36m, 48m, 72m, 96m, et 192m. Pour un bâtiment proche de 100m de haut, le rapport U/U_0 atteint, sur l'axe médian du bâtiment, une valeur de 1.4. On voit donc qu'à Bruxelles, pour un bâtiment relativement isolé, cet effet ne peut pas à lui tout seul créer une zone d'inconfort au vent.

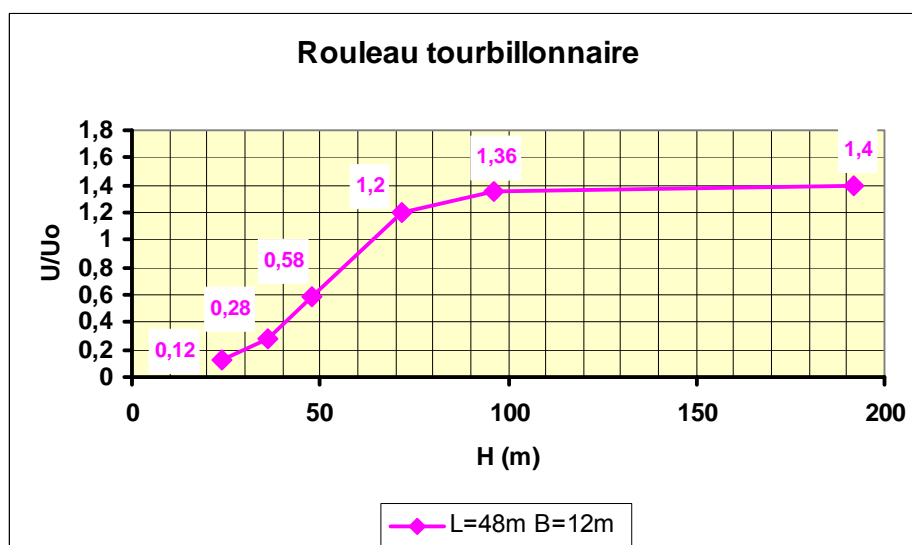


Figure 23 : rapport U/U_o maximal du rouleau tourbillonnaire pour un bâtiment $L=48$ et $B=12$ en fonction de sa hauteur (Reiter 2007)

Ces résultats quantitatifs des survitesses générées par le rouleau tourbillonnaire au pied des bâtiments montrent en fait que ce phénomène n'est pas vraiment critique. En effet, à Bruxelles un rapport U/U_o égal ou inférieur à 1.4 est tout-à-fait acceptable pour une zone de détente pour laquelle le risque d'inconfort par rapport au vent doit rester inférieur à 5% du temps. Cependant, il faut rappeler que le tourbillon engendre une forte augmentation de la turbulence au sol, ce qui augmente la sensation d'inconfort pour les piétons. Ce phénomène peut aussi augmenter les probabilités cumulées d'inconfort par rapport à d'autres effets critiques du vent.

4. Profil de l'immeuble de grande hauteur

Au regard de tout ce qui a été abordé ci-dessus, il nous a paru judicieux de confronter différents profils d'immeubles hauts à un même tissu urbain assez représentatif de Bruxelles.

Cet exercice a été pratiqué par simulations CFD selon les techniques et critères définis ci-avant ainsi que plus largement dans la thèse de S.Reiter.

4.1. Cas étudiés

Le tissu urbain tel que choisi pour nos simulations est tel : îlots de 80m de côté, rue de 16m de large, hauteur moyenne des bâtiments de 16m. La section de la tour choisie selon des critères de relatif optimum économique-technique est de 40m/40m.

Le profil de vents de référence est celui d'Uccle, voir annexe. Les représentations graphiques des résultats qui suivent sont à lire avec le vent soufflant de gauche à droite

Dans un premier temps, quatre cas de tours on été traités croisant deux critères :

- moyennement (50m) / fort élevées (100m)
- avec / sans « socle »

Dans les deux cas avec socle, celui-ci prend la forme du tissu urbain moyen, c'est à dire une largeur de 80m sur une profondeur de 80m avec une hauteur de 16m.

Par la suite quatre simulations supplémentaires ont été faites afin d'affiner la qualité microclimatique d'un socle potentiel avec une tour de cent mètres de hauteur :

- socle de 16m de hauteur (profondeur 10m) relevé à 32m (profondeur 10m)
- socle de 32m de hauteur (profondeur 10m) rabaissé à 16m (profondeur 10m)
- socle de 24m de hauteur (profondeur 10m) rabaissé à 8m (profondeur 10m)
- socle de 16m de hauteur (profondeur 20m) muni de deux écrans supplémentaires, l'un de 8m de hauteur en sa périphérie et l'autre de 16m de hauteur à une profondeur de 10m

4.2. Résultats et interprétation

Pour l'ensemble des résultats, les échelles des vitesses de vent, à gauche des graphes de résultats, sont toutes semblables et exprimées en mètres par seconde (m/s).

Pour rappel, et cela par rapport au critère de confort au vent que nous avons fixé précédemment dans ces pages, au delà de la vitesse de 5m/s l'espace public est réputé inconfortable pour ses usagers. Ces 5m/s correspondent à la limite entre vert vif au vert clair de l'échelle ; plus on se rapproche du rouge plus l'inconfort devient inacceptable.

Comme nous l'indiquent les résultats des quatre premières simulations, 8 figures (4 plans et 4 coupes) des 4 pages suivantes, la hauteur de l'immeuble élevé est clairement un facteur critique quelque soit par ailleurs son profil.

Remarquons aussi que le socle pris dans sa configuration d'îlot urbain donnant un recul de 20m à la tour ne solutionne pas l'inconfort au niveau de l'espace public mais tend simplement à le délocaliser dans les rues en aval du vent. Il est probable que la solution pour améliorer le confort des piétons soit à chercher dans un socle plus profond, à plusieurs « marches » ou simplement d'une hauteur comprise entre celle du tissu urbain moyen et 2 fois cette dernière. On peut cependant dès à présent souligner que ces solutions ne feront que limiter plus ou moins l'inconfort sans jamais vraiment le faire disparaître. Néanmoins nous nous sommes essayés à quatre cas spécifiques supplémentaires tels que définis ci-dessus.

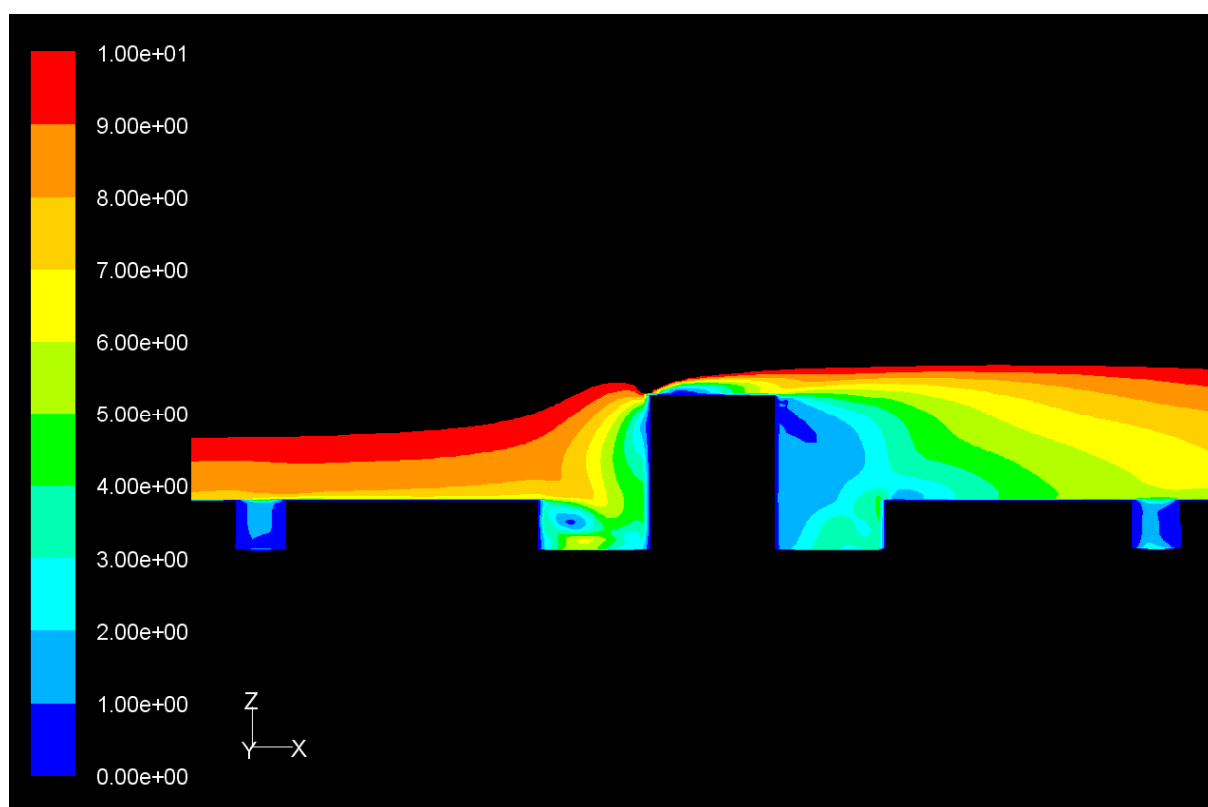


Figure 24 : Courbes iso-vitesses en coupe pour le cas 50m de hauteur sans socle

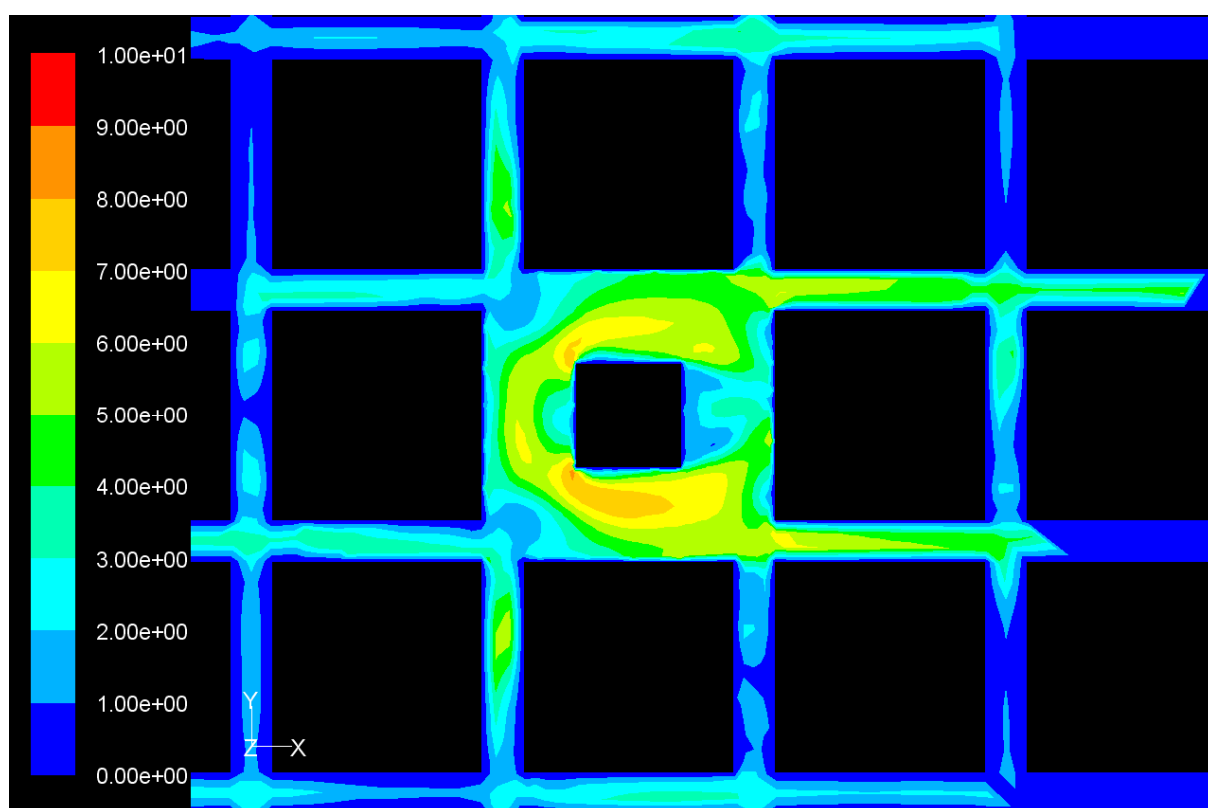


Figure 25 : Courbes iso-vitesses en plan pour le cas 50m de hauteur sans socle

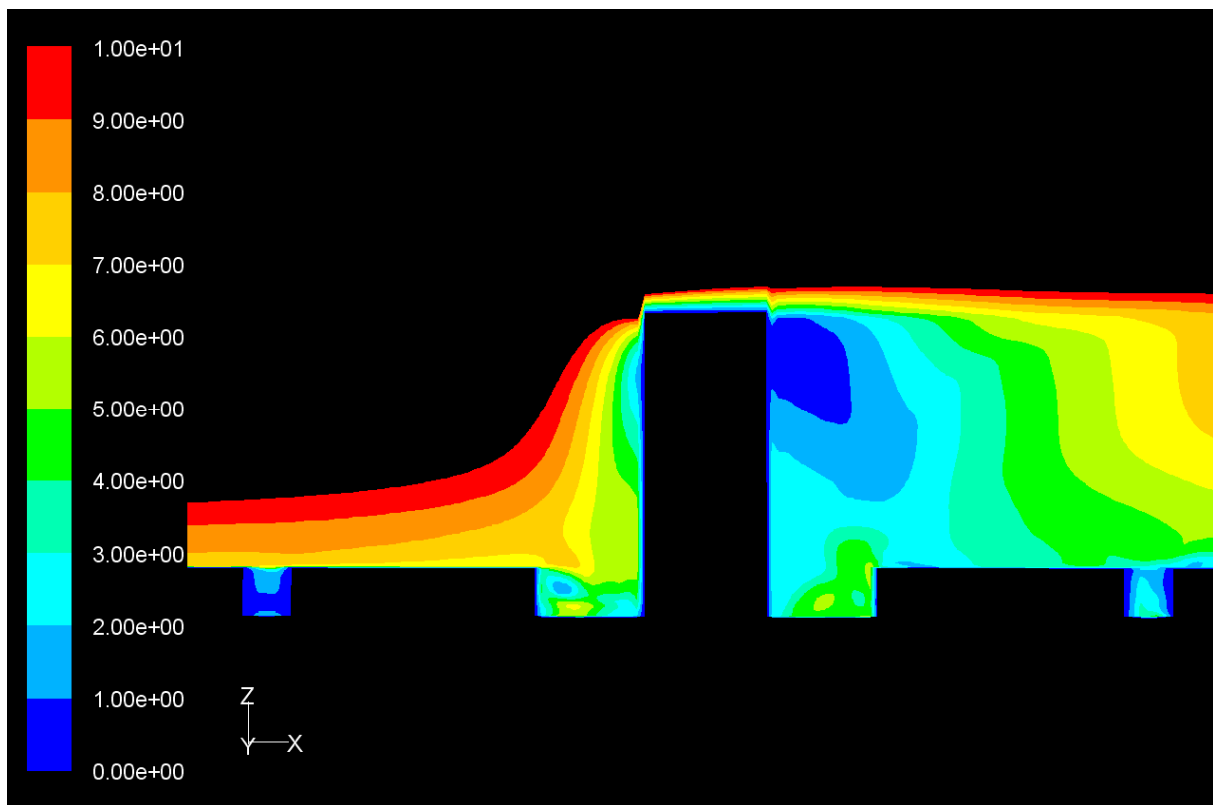


Figure 26 : Courbes iso-vitesses en coupe pour le cas 100m de hauteur sans socle

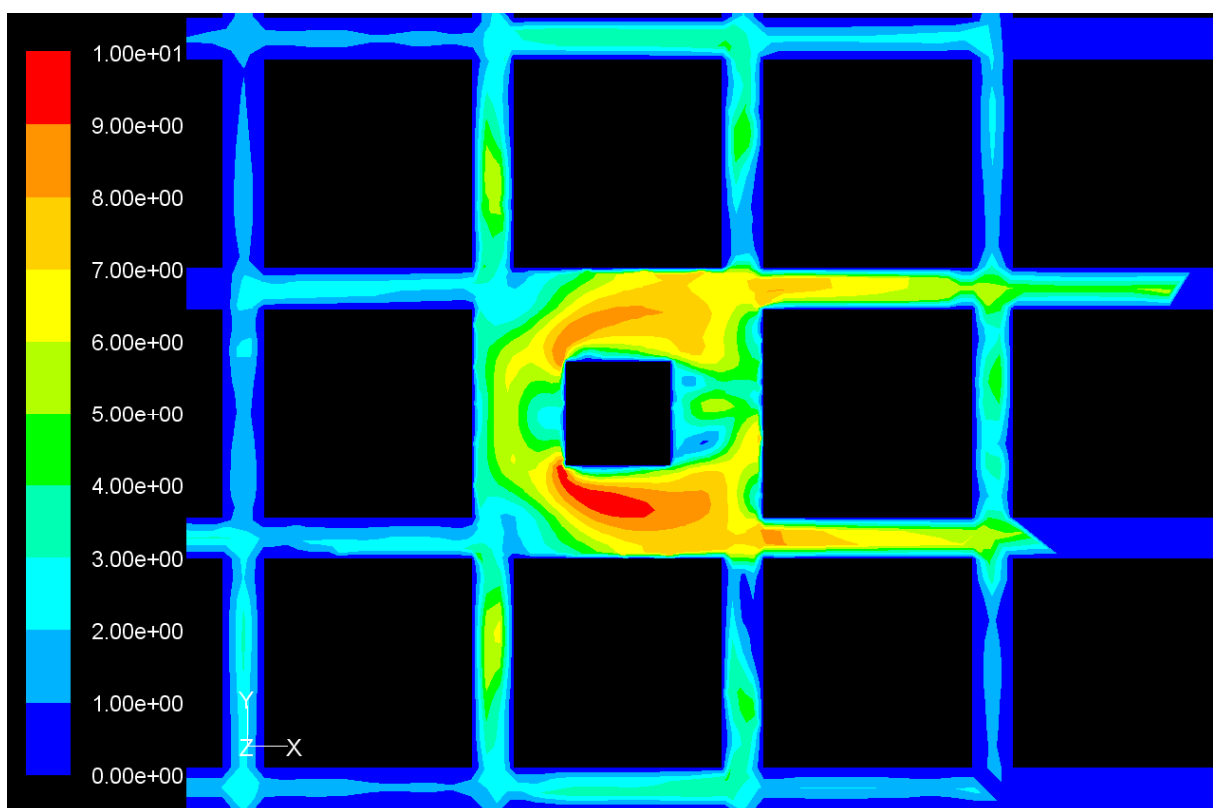


Figure 27 : Courbes iso-vitesses en plan pour le cas 100m de hauteur sans socle

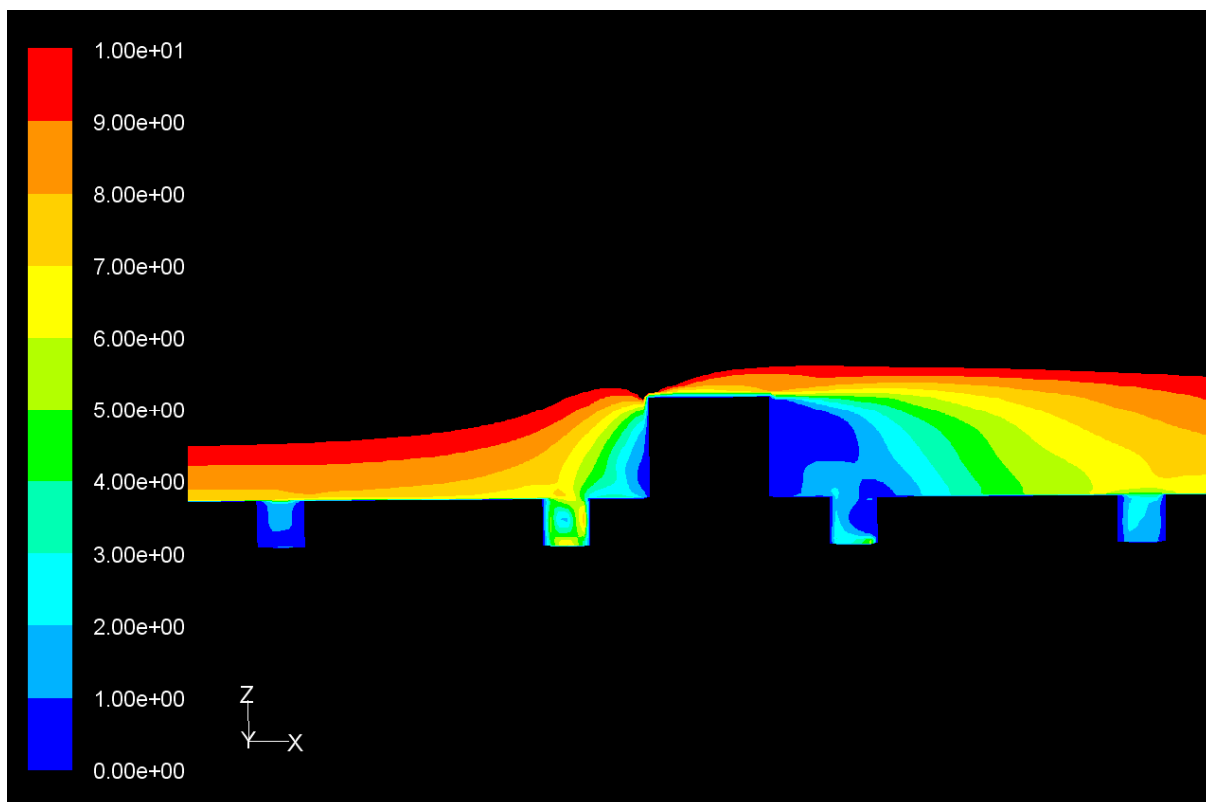


Figure 28 : Courbes iso-vitesses en coupe pour le cas 50m de hauteur avec socle simple

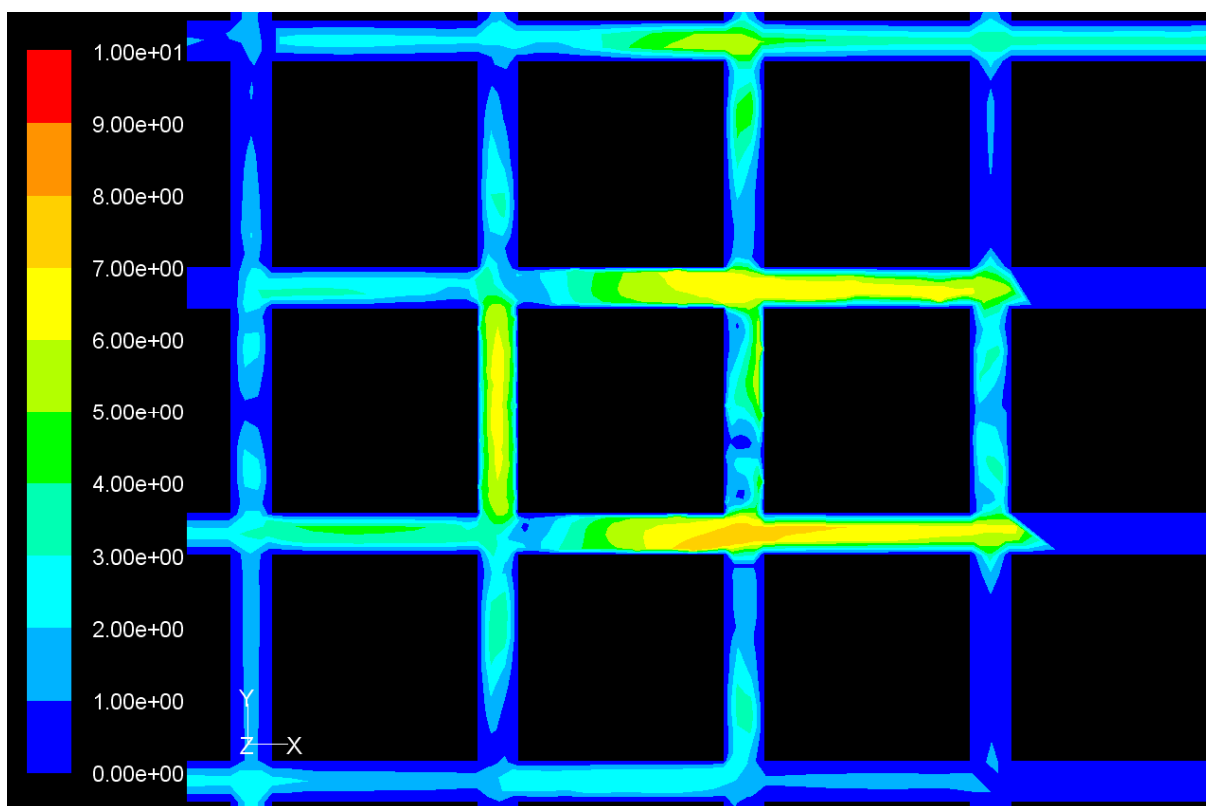


Figure 29 : Courbes iso-vitesses en plan pour le cas 50m de hauteur avec socle simple

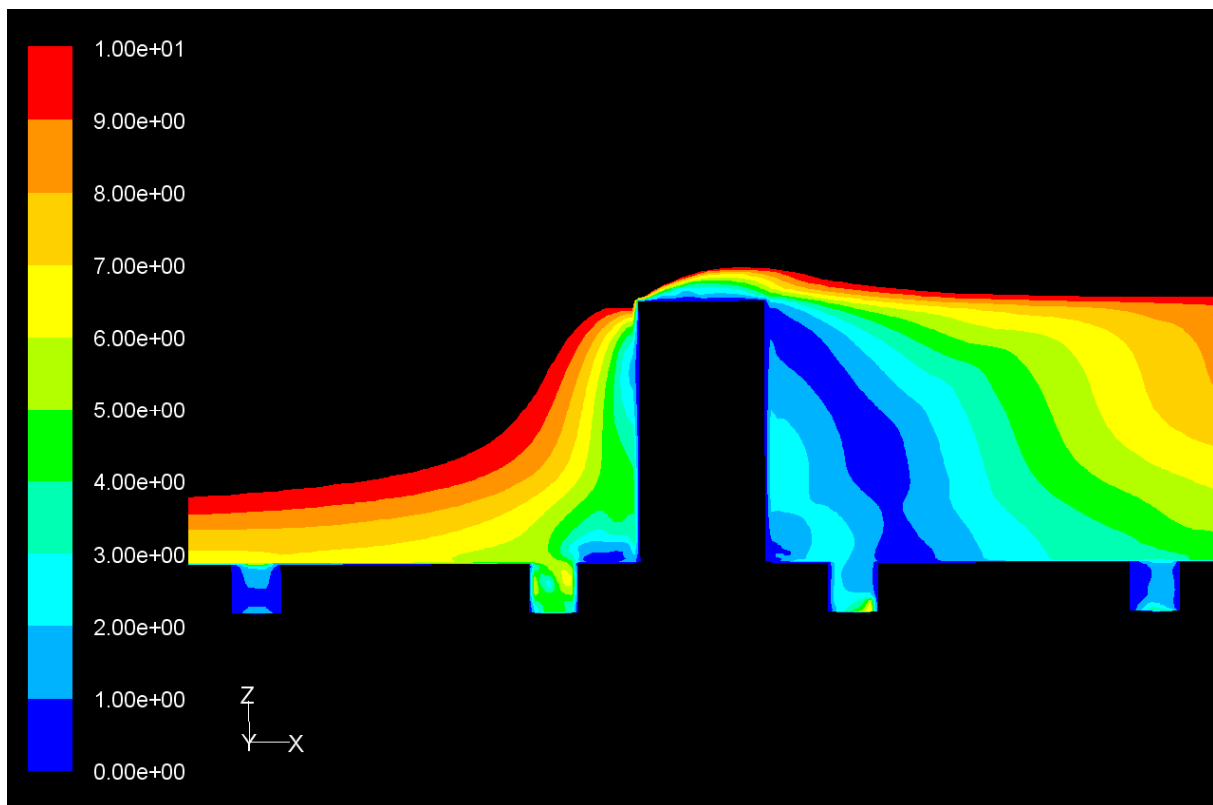


Figure 30 : Courbes iso-vitesses en coupe pour le cas 100m de hauteur avec socle simple

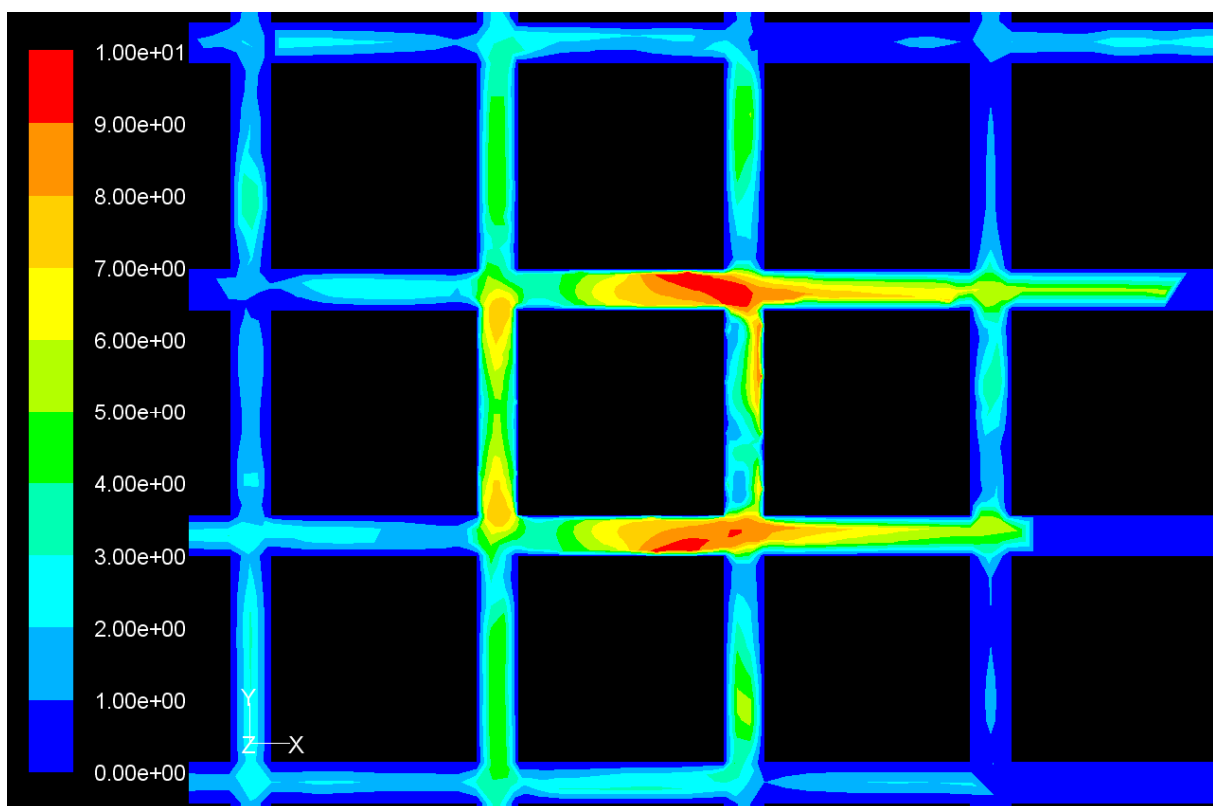


Figure 31 : Courbes iso-vitesses en plan pour le cas 100m de hauteur avec socle simple

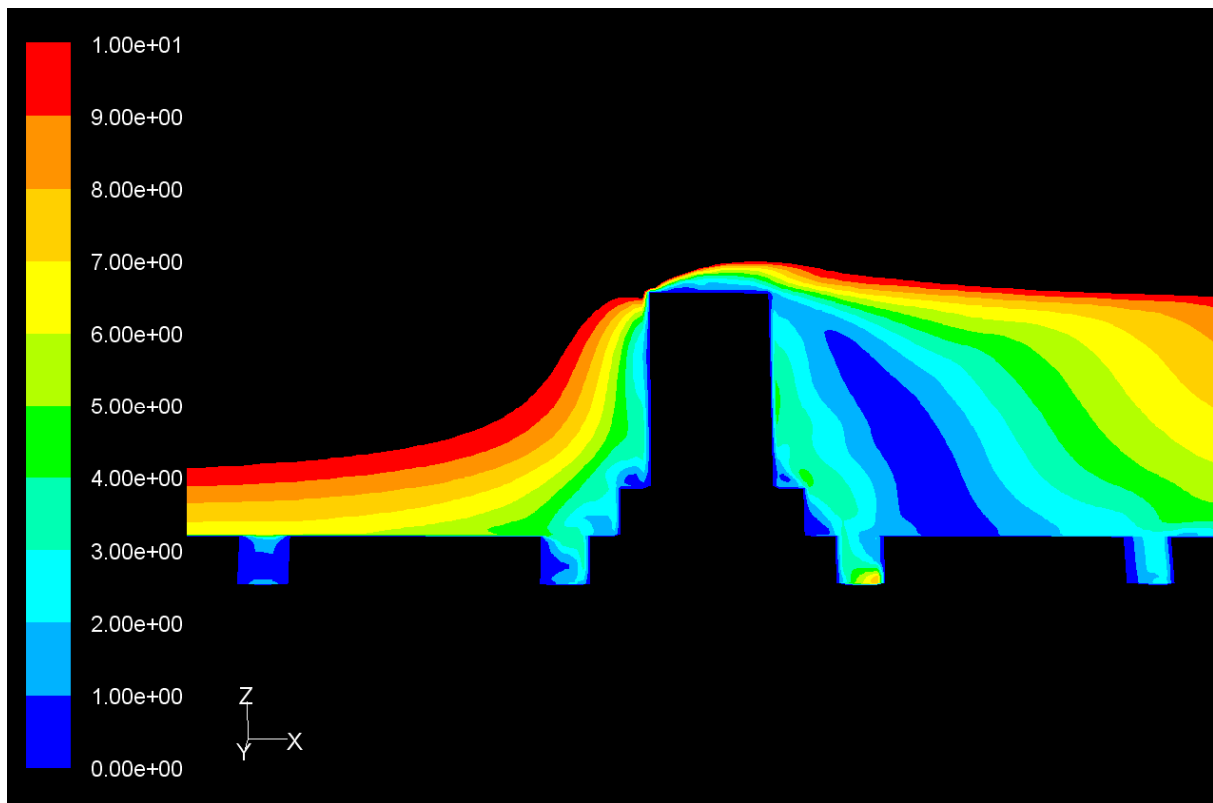


Figure 32 : Courbes iso-vitesses en coupe pour le cas 100m avec socle double en gradin

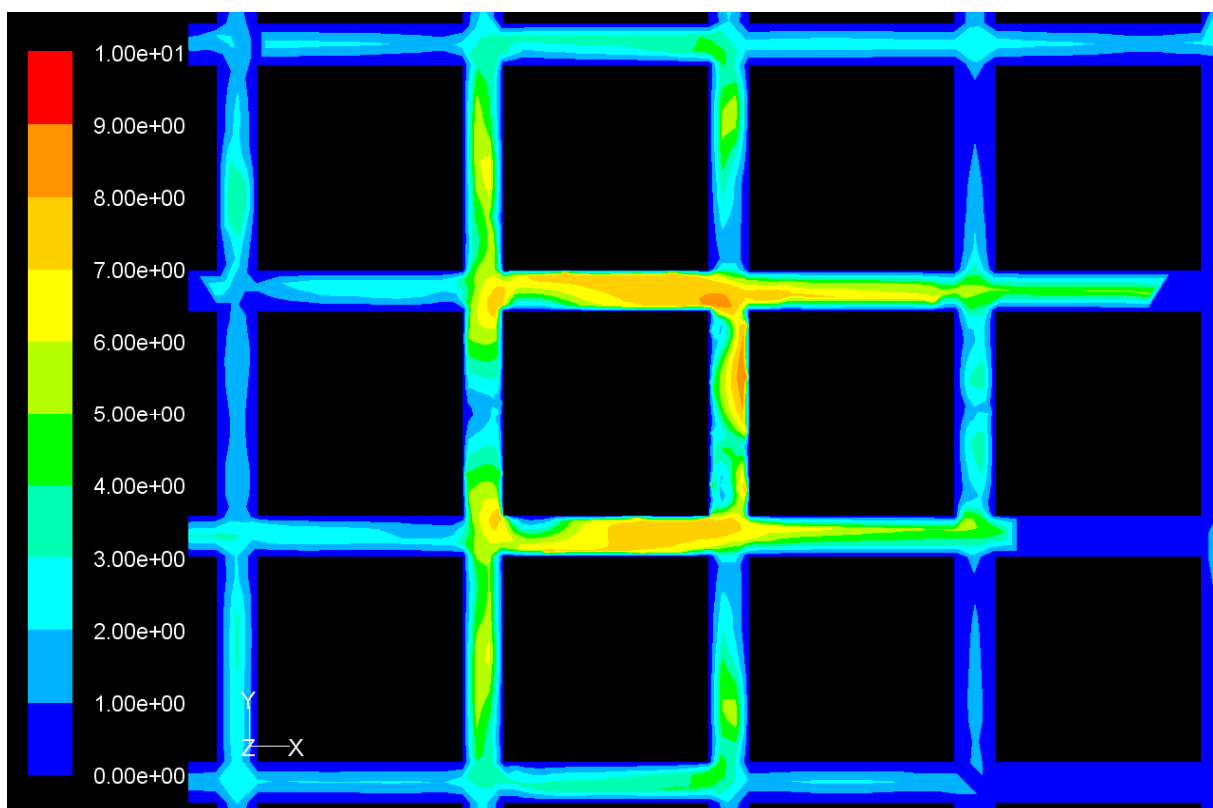


Figure 33 : Courbes iso-vitesses en plan pour le cas 100m avec socle double en gradin

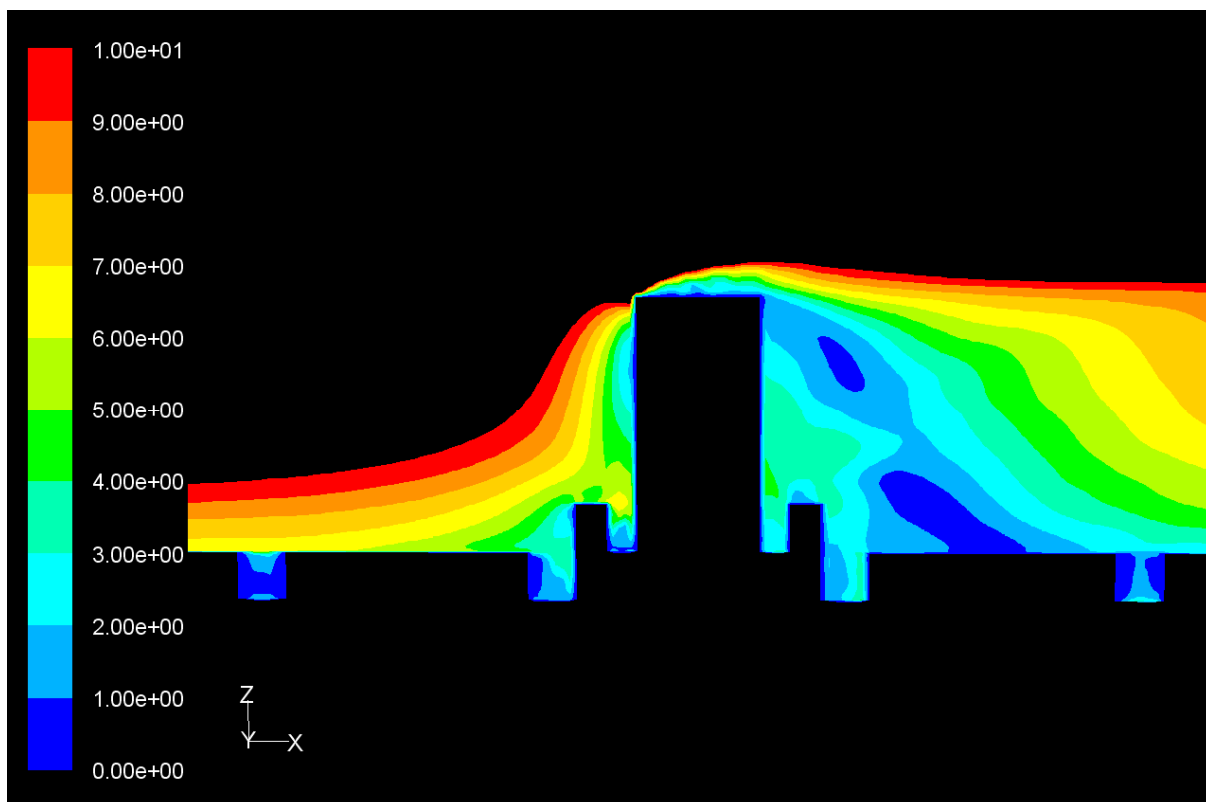


Figure 34: Courbes iso-vitesses en coupe pour le cas 100m avec socle double gradin inversé

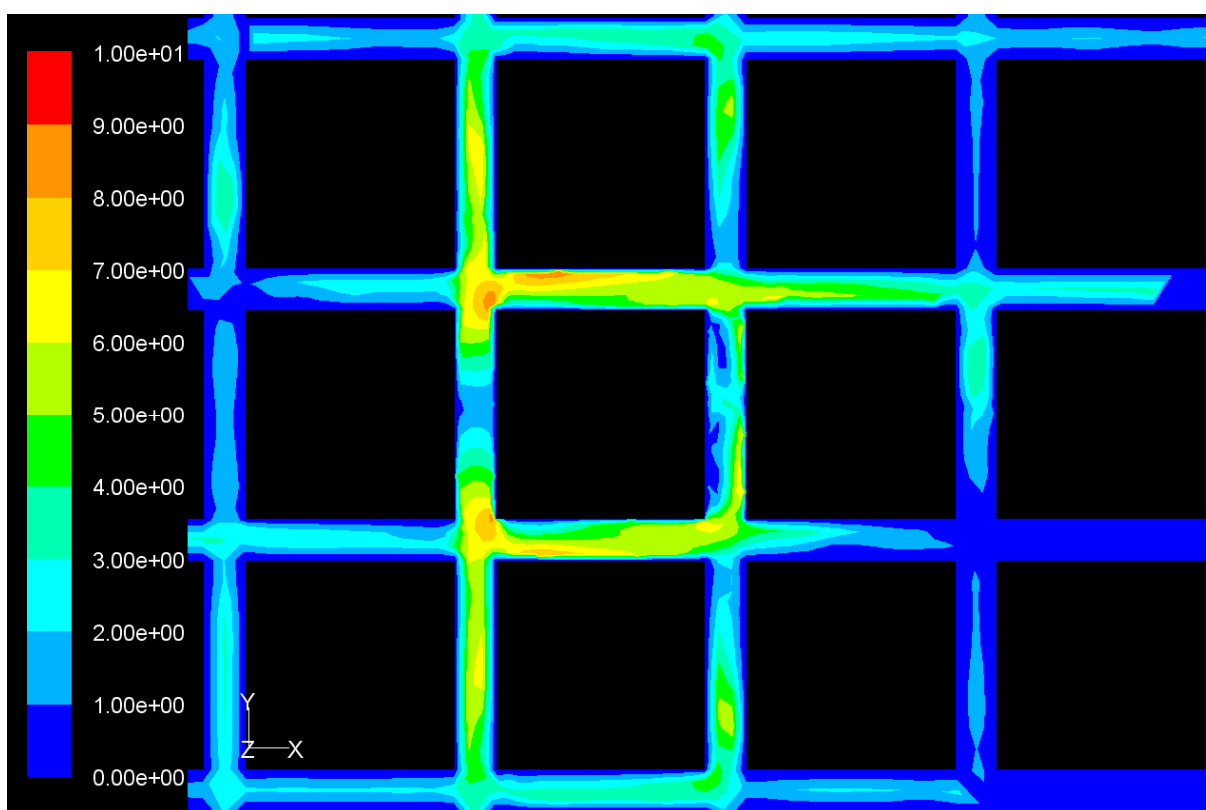


Figure 35 : Courbes iso-vitesses en plan pour le cas 100m avec socle double gradin inversé

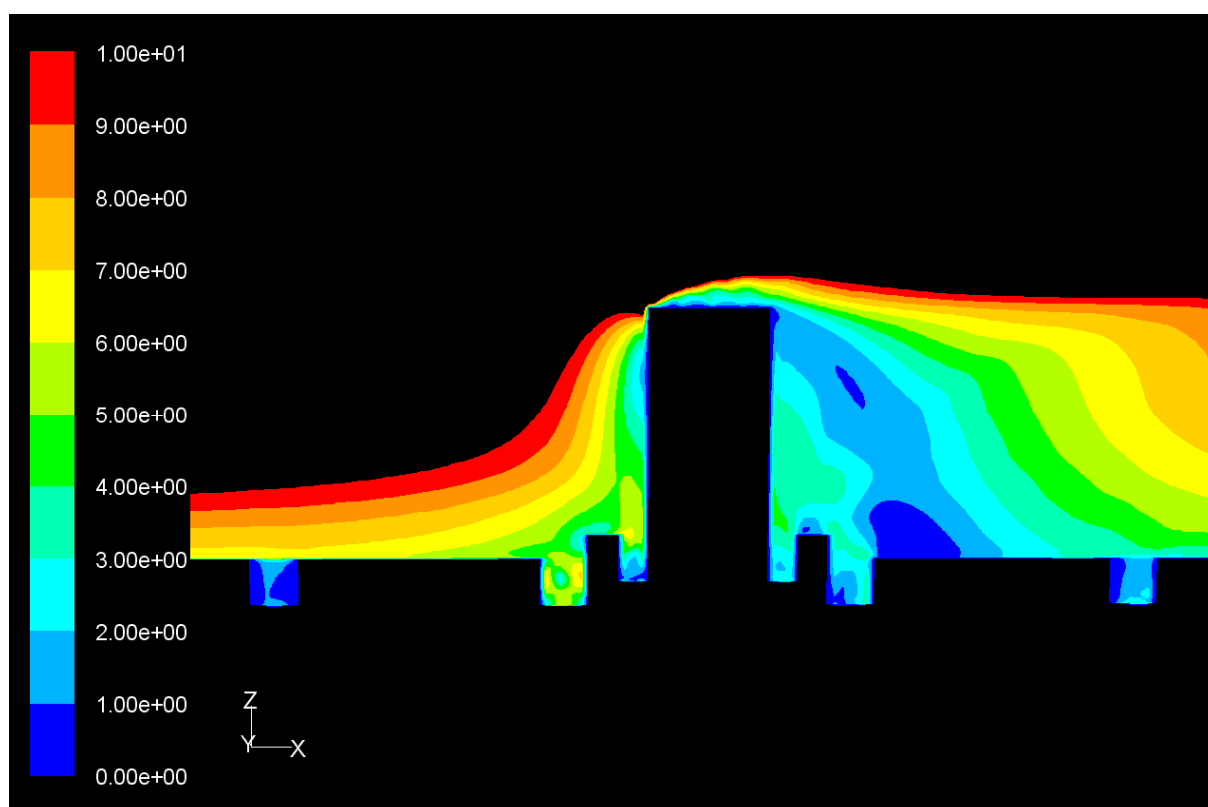


Figure 36 : Courbes iso-vitesses en coupe pour le cas 100m avec socle relevé-encaissé

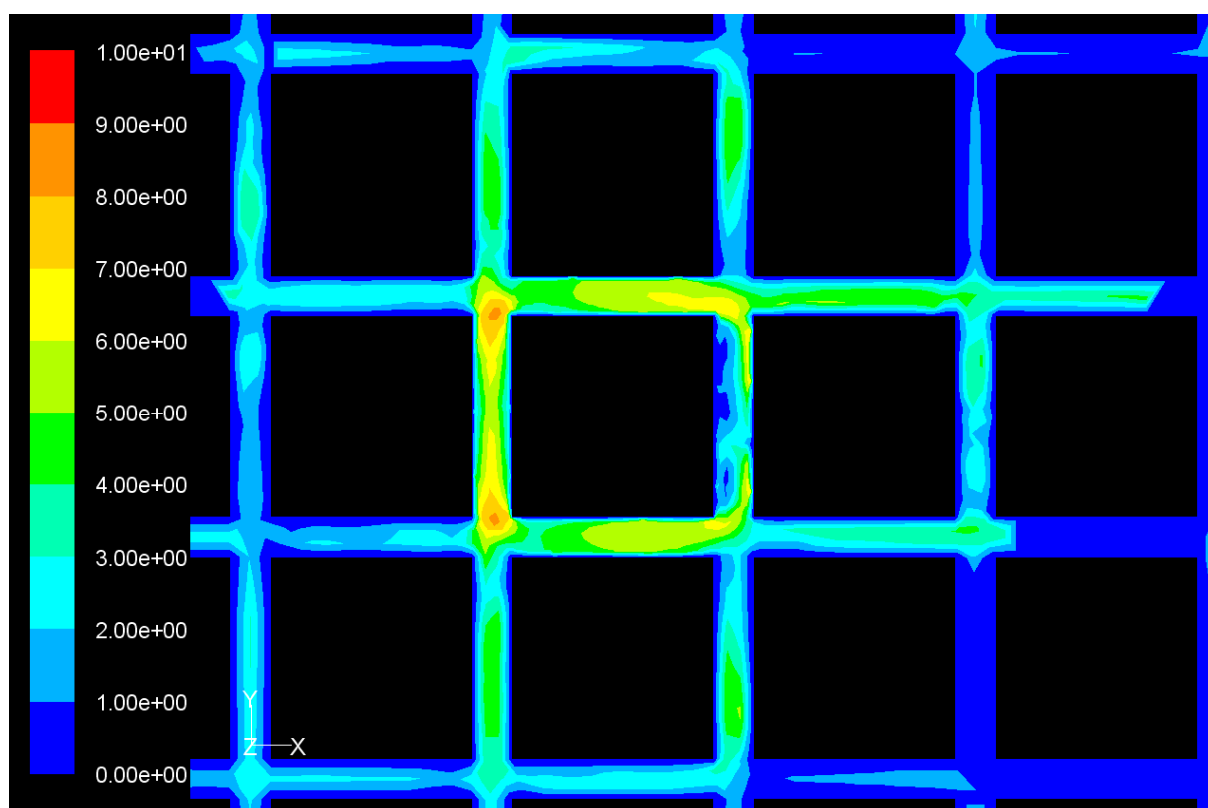


Figure 37 : Courbes iso-vitesses en plan pour le cas 100m avec socle relevé-encaissé

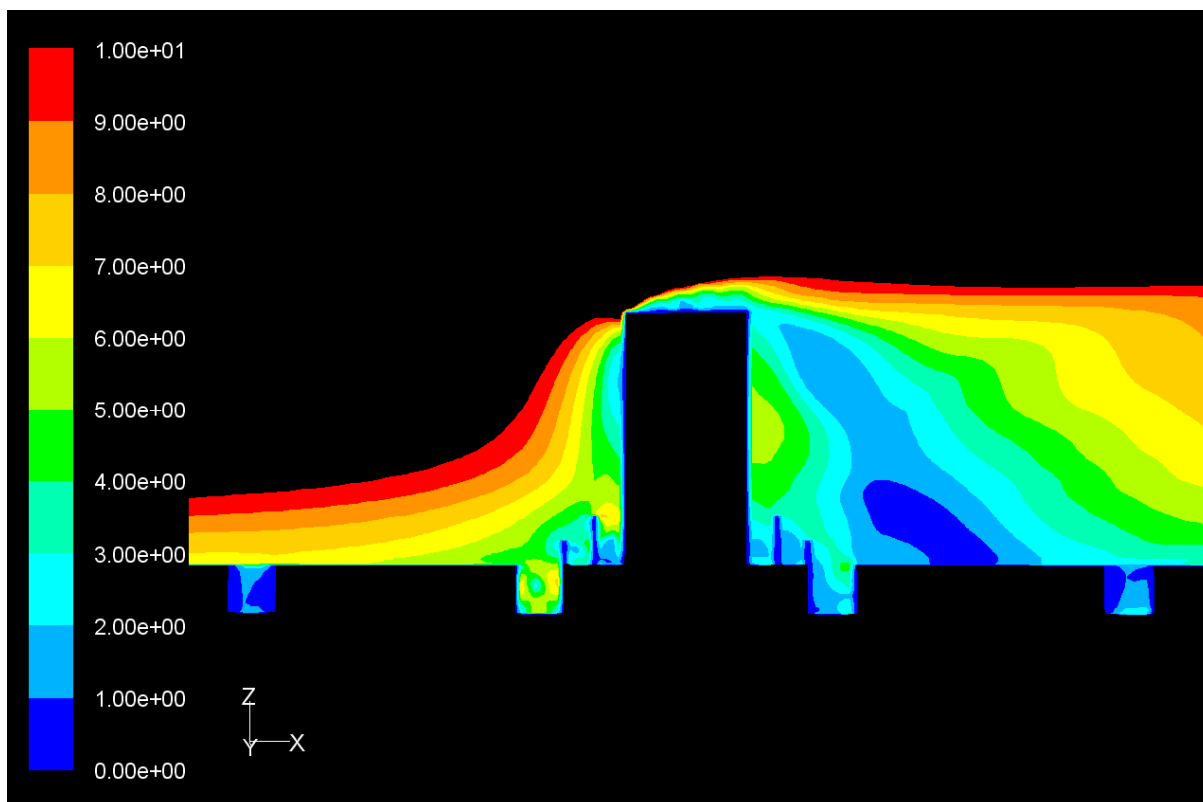


Figure 38 : Courbes iso-vitesses en coupe pour le cas 100m avec socle et écrans additionnels

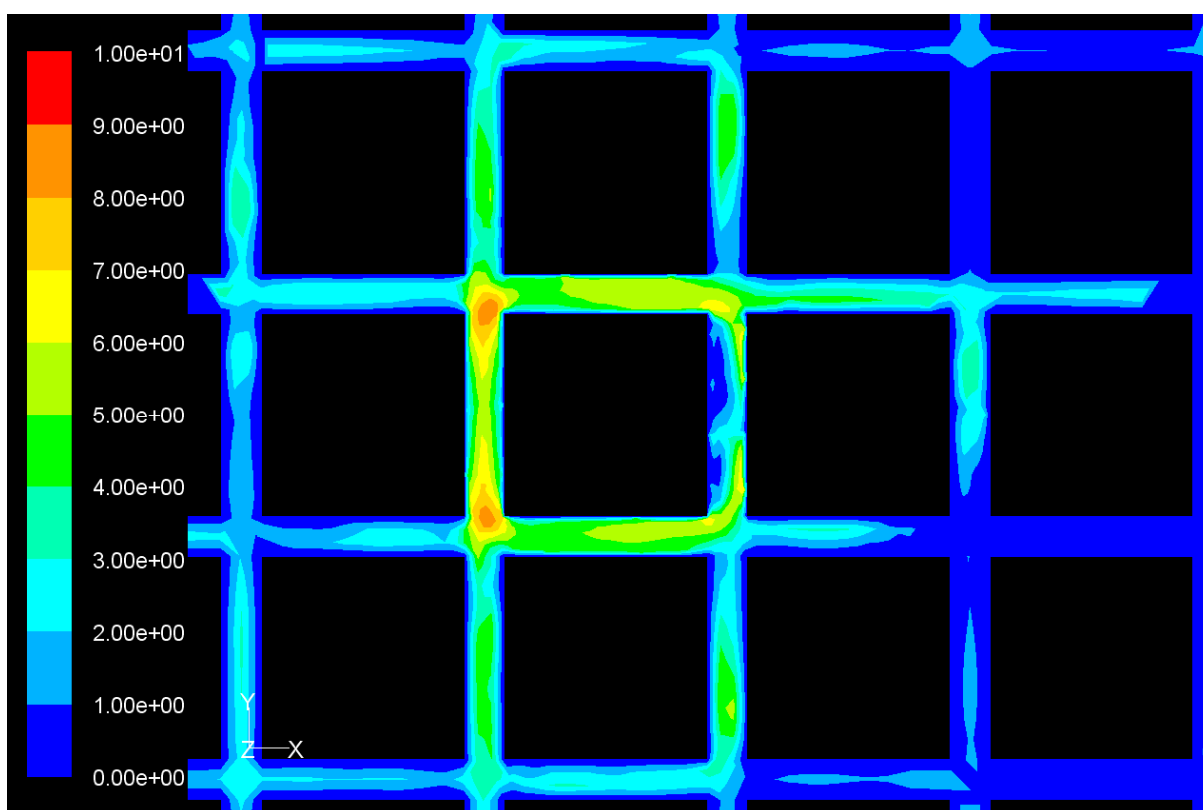


Figure 39 : Courbes iso-vitesses en plan pour le cas 100m avec socle et écrans additionnels

Il advient de ces quatre simulations supplémentaires, 8 figures (4 plans et 4 coupes) des 4 pages précédentes, qu'il y a en partie moyen de limiter un peu l'inconfort induit par la tour sur l'espace public mais aucunement de l'annuler. Cependant nous pouvons espérer, au regard des résultats obtenus, trouver une optimisation relative du socle dans une configuration où celui-ci fait transition par sa hauteur entre celle de la ville et celle de la tour. Il apparaît aussi qu'un socle plus haut en périphérie qu'à la base de la tour soit préférable à la configuration inverse. Ce rabaissement du socle semble provoquer une perturbation locale en son sein affaiblissant partiellement la perturbation générale de l'immeuble haut sur son environnement.

Avant de clore cette courte analyse des résultats, évoquons une piste qu'il nous semblerait judicieux d'approcher : la possibilité d'utiliser des dispositifs poreux aux niveaux du socle. Cette porosité provoquerait un grand nombre de petites perturbations tendant à se contrecarrer mutuellement mais surtout à affaiblir considérablement les perturbations plus fortes. De tels dispositifs permettraient de piéger les vents et leurs turbulences au dessus de l'espace public

4.3. Autres cas et questionnements

Une étude générale telle que la présente ne saurait aucunement être exhaustive face à la l'ensemble des problématiques possibles et la complexité de la mécanique des fluides. Une étude précise au cas par cas incluant précisément une série de paramètres du cadre environnant la tour envisagée est une étape incontournable au processus de conception de celle-ci ; il en va du confort de l'espace public et de son environnement bâti ; cela dans un rayon conséquent autour de l'édifice de grande hauteur.

Il est aussi clair que les cas parallélépipédiques présentés ici ne sont pas forcément les plus adéquats face aux problèmes aérodynamiques rencontrés. Le cadre de cette étude ne nous a cependant pas permis d'étudier réellement ces autres cas, mais après une rapide approche nous recommandons la méfiance par rapport à certains petits schémas et principes idéaux avancés par certains concepteurs.

Quoi qu'il en soit, les principaux moyens pour qu'un bâtiment élevé ne provoque pas de survitesses de vent dans les espaces publics le jouxtant, sont premièrement d'en diminuer (fortement) la hauteur et secondairement d'opter pour des solutions architecturales (forme du bâtiment ou dispositifs particuliers) piégeant ou rejetant les vents et turbulences le plus en hauteur par rapport à l'espace public. Un rejet « contrôlé » dans l'espace public n'est pas réaliste vu la variabilité des angles d'incidence des vents.

Terminons ce point par la question de la possibilité d'offrir des fenêtres ouvrantes par les occupants. D'avance on sait que plus la tour sera haute plus les probabilités de pouvoir ouvrir une fenêtre seront ténues. Cette ouverture sera tributaire des angles d'incidence des vents et de leurs occurrences ainsi que plus simplement de la vitesse du vent à la station météorologique, car elle est liée par un facteur de proportionnalité avec la vitesse du vent sur le site.

Techniquement, aux vues des risques de contraintes de sollicitations mécaniques sévères, les ouvrants devront être particulièrement étudiés, solides et étanches, cela pour finalement peu d'intérêt au regard de leur probabilité d'utilisation. Des systèmes ouvrants dans une double peau n'auront pour leur part rien d'extasiant car ne proposeront pas de réelle ouverture vers l'extérieur mais tout au plus vers un « corridor ». On pourrait peut-être juste en tirer certains bénéfices de ventilation thermique bien que cela ne soit pas si simple et que la double peau soit bien souvent plus dommageable qu'autre chose à cette égard.

5. Pistes d'amélioration vis-à-vis de l'inconfort au vent

5.1. Bâtiment isolé

Les éléments suivants sont cités dans la littérature pour réduire les vitesses de vent autour d'un bâtiment élevé implanté en milieu urbain :

- diminuer la hauteur du bâtiment élevé, afin de diminuer le rapport H/h entre la hauteur de ce bâtiment et la hauteur moyenne du tissu urbain,
- diminuer les hauteurs des parties du bâtiment qui longent l'espace public, surtout près des coins, par des reculs, des gradins, des socles,...
- ajouter des terrasses horizontales d'au moins 6m de large.
- prévoir des éléments poreux (végétation, écrans perméables,...) sur l'ensemble de la zone afin de réduire les vitesses de vent au niveau piéton. Mais ce ne sont de des pansements plus ou moins performants face aux problèmes à gérer préférentiellement à la source.

5.2. Ensemble de bâtiments

Les éléments suivants sont cités dans la littérature pour limiter les survitesses du vent dans les grands ensembles de bâtiments élevés, on peut donner les conseils architecturaux suivants :

- diminuer les hauteurs des bâtiments le long des espaces publics, pour faire transition entre la hauteur de la tour et celle du tissu urbain.
- agrandir l'espacement entre les bâtiments élevés jusqu'à une distance au moins égale à 3 fois la dimension transversale des tours ($E > 3d$). afin d'éviter les interférences entre celles-ci
- prévoir des éléments poreux (végétation, écrans perméables,...) sur l'ensemble de la zone afin de réduire les vitesses de vent au niveau piéton. Mais ce ne sont de des pansements plus ou moins performants face aux problèmes à gérer préférentiellement à la source.

DEUXIEME PARTIE : INFLUENCE DES IMMEUBLES ÉLEVÉS SUR LES CONDITIONS D'ENSOLEILLEMENT ET DE VUE DU CIEL

1. Potentiel d'ensoleillement des espaces publics et des bâtiments

1.1. L'effet d'obstruction

La quantité de rayonnement solaire reçue par une surface en ville est généralement nettement inférieure à celle captée par une surface équivalente en zone rurale à cause de l'effet d'obstruction des bâtiments. Cependant, la lumière naturelle est une des qualités les plus essentielles qui influencent l'ambiance d'une ville ou d'un espace public. La lumière solaire disponible dans les espaces publics, rues, places, parcs est un élément très important pour le confort des piétons. Une attention spéciale doit être portée à la conception solaire urbaine de manière à créer des espaces publics attirants. La pénétration de la lumière naturelle à l'intérieur du tissu urbain nécessite une attention particulière, surtout dans les villes très denses.

Dans le contexte urbain, le potentiel d'ensoleillement disponible et donc les gains solaires possibles dépendent fortement de la présence du gabarit des bâtiments proches ainsi que des contraintes d'orientation des façades pour conserver l'alignement des rues et des bordures de places. Ce sont les dimensions de l'espace public, son orientation et la hauteur des bâtiments qui produisent l'impact le plus important sur la pénétration du rayonnement solaire direct en milieu urbain.

Un masque solaire est un corps empêchant le rayonnement solaire d'atteindre une surface que l'on désire ensoleillée. En ville, il peut être difficile de capter le rayonnement solaire dans un espace à cause de l'ombrage créé par les bâtiments qui le jouxtent.

En Belgique, les immeubles qui masquent le soleil sont globalement considérés comme désagréables. Généralement, ils apportent un peu d'ombrage en été mais deviennent, par contre, de réels obstacles à l'ensoleillement en hiver puisque le soleil est plus bas dans le ciel à cette période. Tous les masques de l'environnement, immeubles ou grands arbres, qui interceptent le soleil d'hiver entre 9h et 15h^{univ}, réduiront considérablement le bénéfice des gains solaires pour les bâtiments et l'utilisation des espaces publics pendant cette saison. De plus, l'ombrage fourni par les constructions voisines durant l'été n'est généralement possible que lorsque le soleil n'est pas trop haut dans le ciel; elle est donc surtout valable pour les orientations est et ouest.

1.2. Méthode de calcul de l'ombrage

Il existe plusieurs méthodes pour déterminer précisément les périodes pendant lesquelles le rayonnement solaire se trouve intercepté par un obstacle avant d'atteindre le sol d'un espace public. Dans tous les cas, c'est la géométrie solaire qui détermine l'ombrage créé par les masques solaires. Cet ombrage varie heure par heure, jour par jour et peut se calculer à partir des diagrammes solaires, avec l'aide du logiciel *Ecotect* par exemple.

Le diagramme solaire permet de situer précisément le soleil à n'importe quel moment de l'année et ainsi connaître les projections des ombres des obstacles à son rayonnement direct.

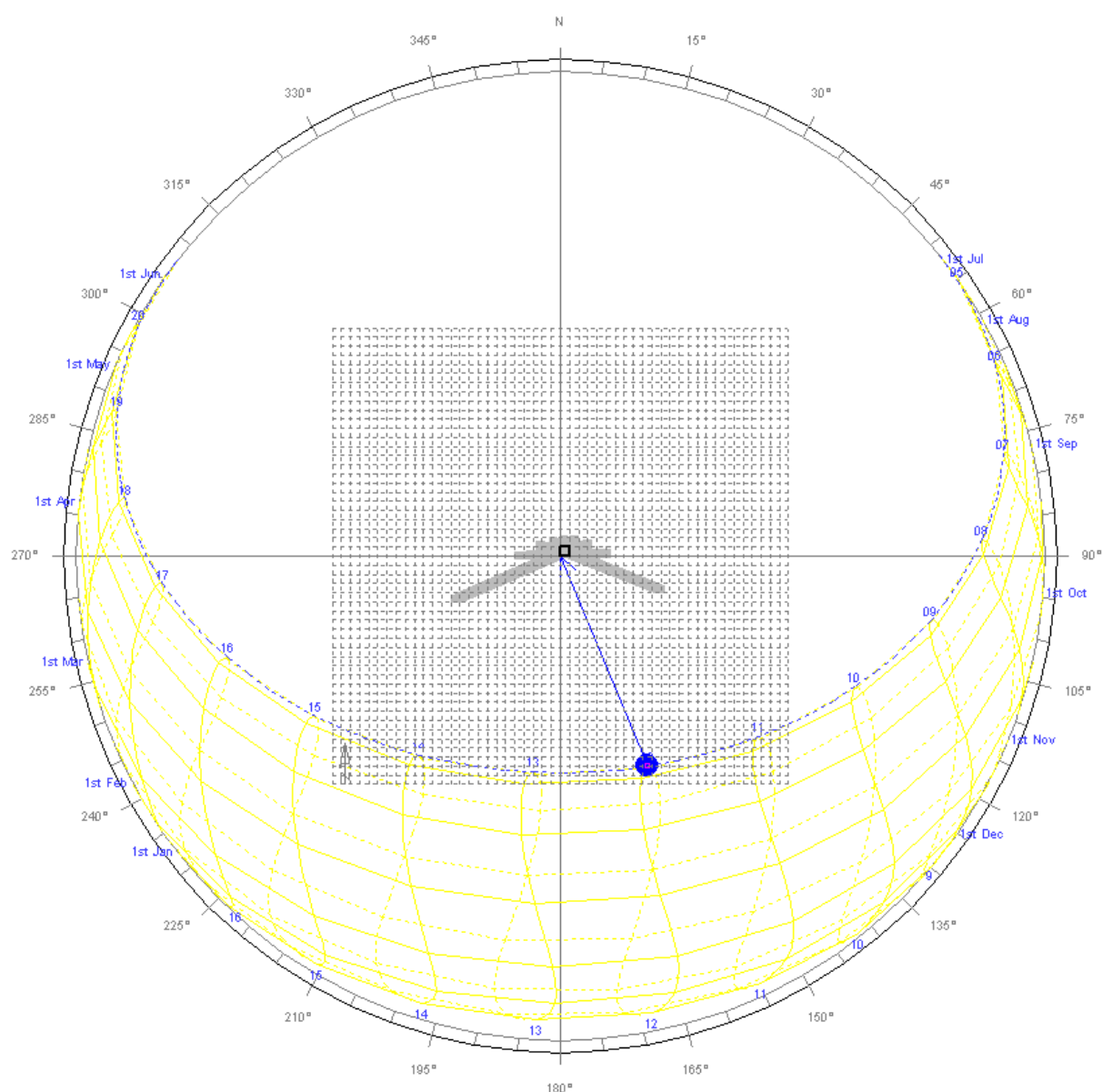


Figure 40 : Diagramme solaire de Bruxelles (la marque bleue est le soleil, ici à 12h le 21 juin)

1.3. Ombre d'une tour au cours de l'année

Les pages suivantes présentent les courses de l'ombre qu'induit un immeuble de grande hauteur sur son voisinage direct voir plus lointain. Les deux pages suivantes présentent l'évolution horaire de l'ombrage aux équinoxes et solstices provoqué par une tour de section X / X et de hauteur $2.5 \times X$; par exemple une tour de 100m de haut et de section 40m/40m.

Il est clair que le facteur critique dans ces graphes est moins la section de l'immeuble élevé que sa hauteur. La projection de l'ombre diminuera proportionnellement à la diminution de la hauteur de la tour.

Il est à noter que les 4 graphiques (solstices/équinoxes) sont symétriques par rapport à eux-mêmes mais pas par rapport aux heures de la journée. Cela s'explique à l'aide du diagramme solaire de Bruxelles ci-dessus, l'heure locale (GMT+1) ne correspond pas à l'heure solaire.

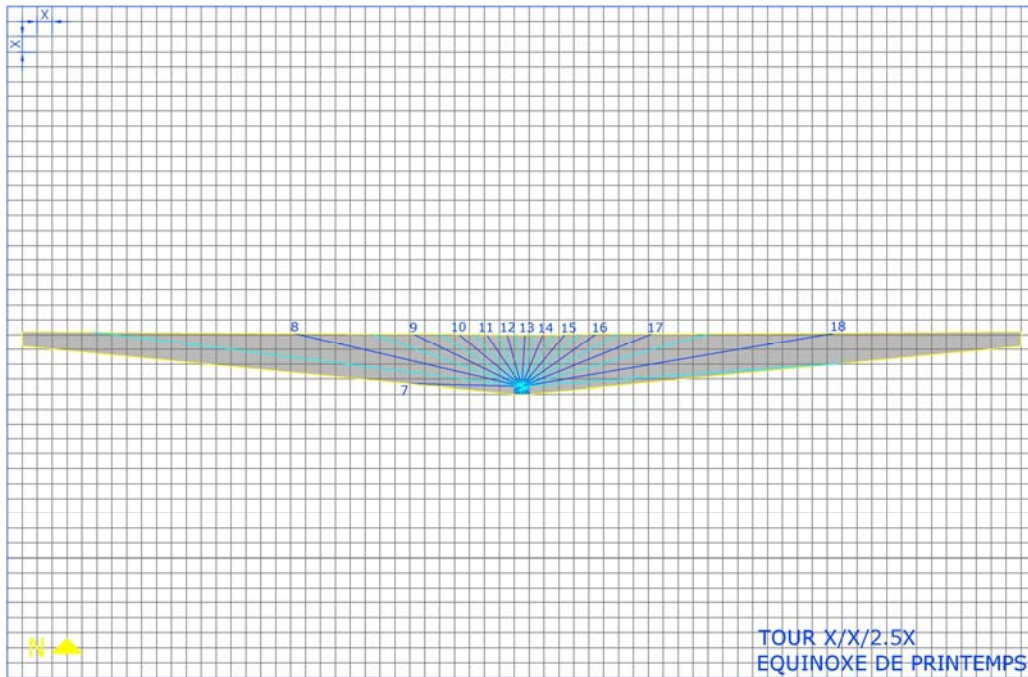


Figure 41 : course de l'ombre d'une tour de section $x \times x$ et de hauteur $2.5x$ à l'équinoxe de printemps

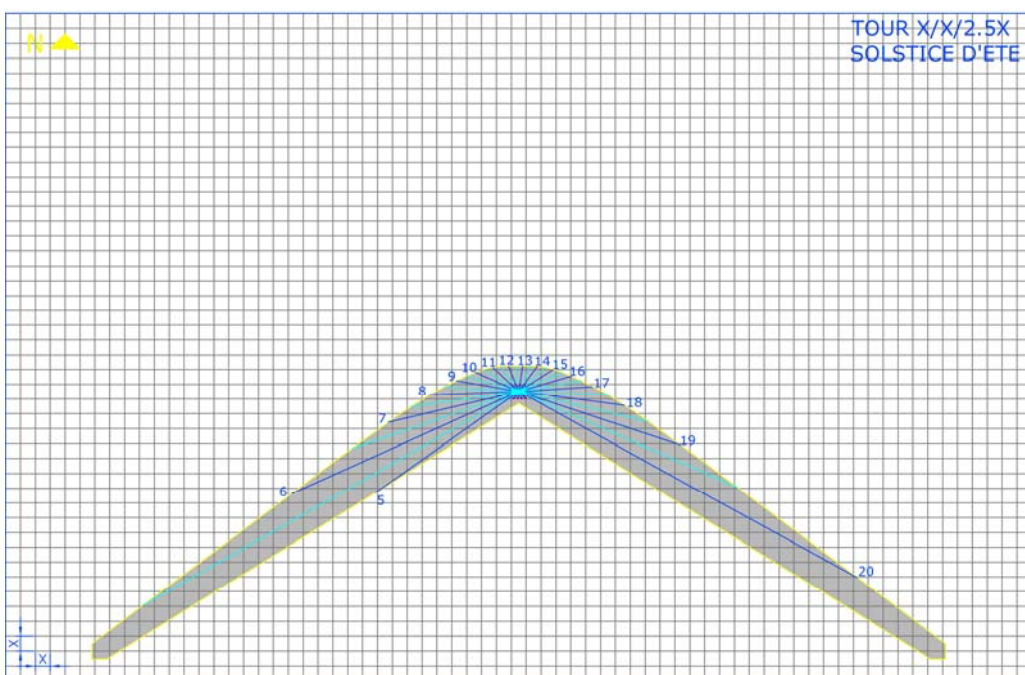


Figure 42 : course de l'ombre d'une tour de section $x \times x$ et de hauteur $2.5x$ au solstice d'été

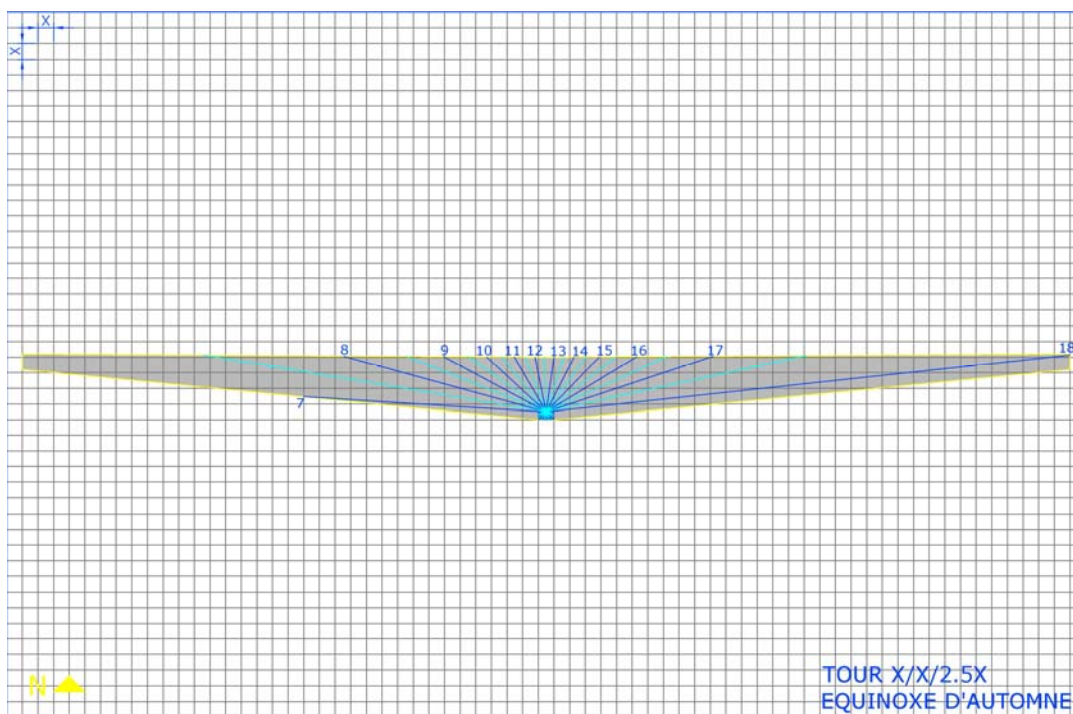


Figure 43 : course de l'ombre d'une tour de section $x \times x$ et de hauteur $2.5x$ à l'équinoxe d'automne

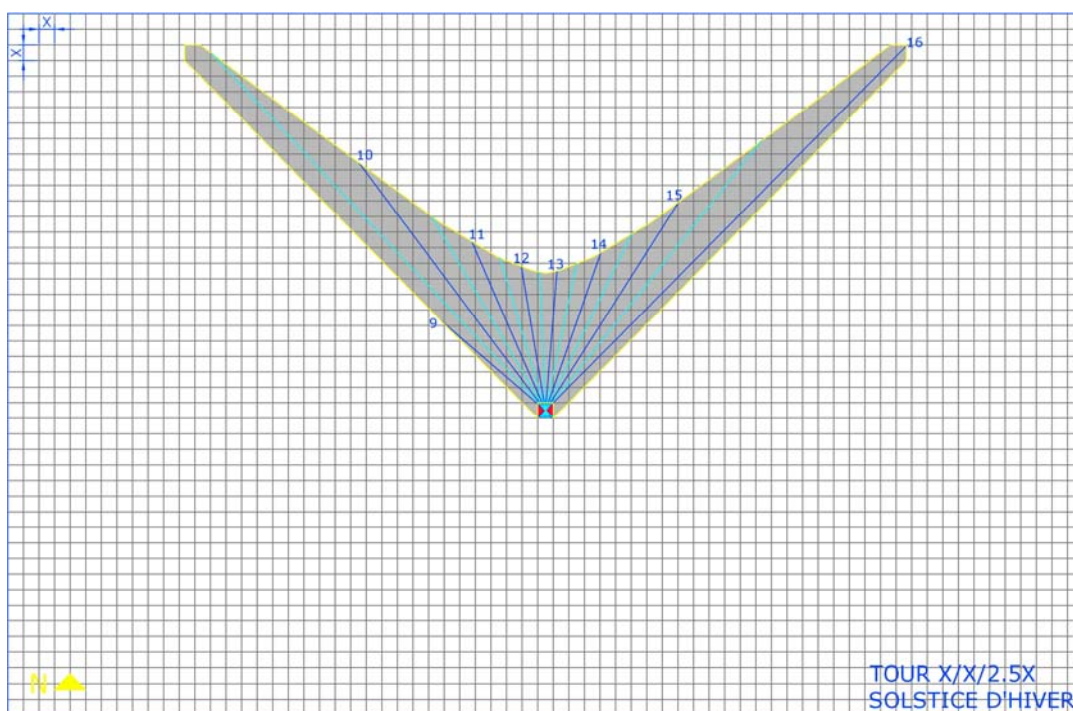


Figure 44 : course de l'ombre d'une tour de section $x \times x$ et de hauteur $2.5x$ au solstice d'hiver

Un graphe synthétique présenté à la page suivante rassemble les courses extrêmes et tend à représenter l'impact annuel de l'ombre portée d'une tour de 100 mètres de hauteur et de section 40m/40m, les abscisses et les ordonnées sont exprimées en mètres.

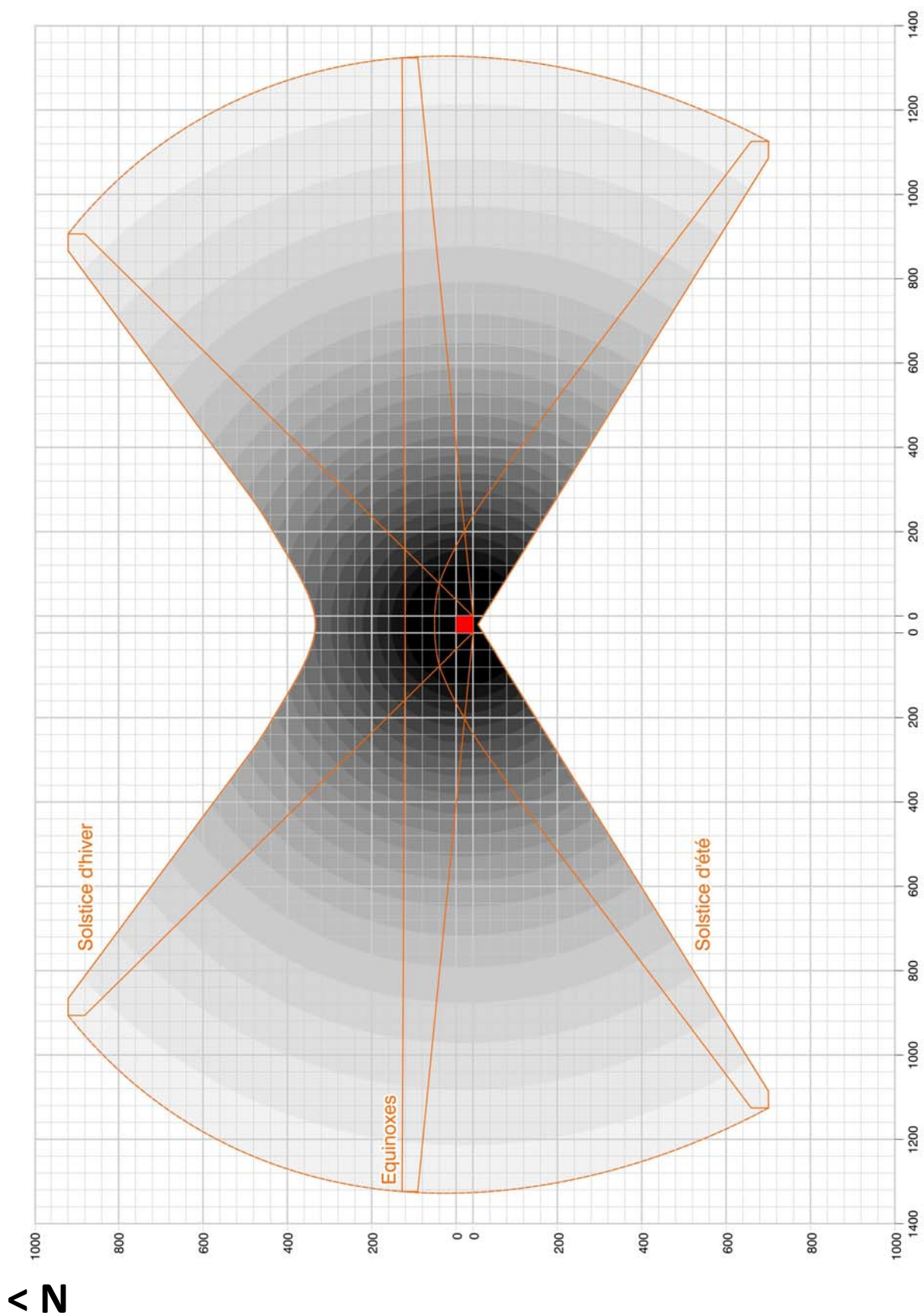


Figure 45 : Graphe synthétique de l'impact annuel de l'ombre d'une tour

Le graphique de la page précédente nous permet d'appréhender la zone qui sera ombrée par la tour ne fût-ce qu'un instant durant l'année.

Un tel dessin, devant être précisé au delà de la représentation simpliste dans le présent document, est nécessaire pour visualiser l'influence d'un immeuble élevé sur son environnement mais ne peut pas être un résumé précis de l'ombrage annuel sur chaque point de son environnement. Voir l'influence d'un point sur tous les autres points (première « infinité ») pour tous les instants (seconde « infinité »), ne peut pas relever d'un outil résumé.

Il existe néanmoins des techniques, outils et règlements urbanistiques qui traitent du domaine, notamment en Chine.

Ce graphe, pour ce qu'il est, nous indique toutefois que l'ombre portée à midi heure solaire, pour cette tour de 100m, porte à +/-50m au 21 juin et +/-330m le 21 décembre !

De plus cette ombre porte d'autant plus loin que nous nous positionnons plus tôt ou plus tard durant la journée, toutefois plus l'éloignement à la tour est prononcé, plus la composante de lumière diffuse tend à atténuer le contraste de l'ombre.

Pour connaître les zones les plus critiques par rapport à l'ombrage de l'immeuble haut, orientation et distance à celui-ci seront de bons indicateurs. Plus on est proche du nord de la tour moins on a de chance d'avoir de rayonnement solaire direct. Au contraire dans un bon quadrant sud, ainsi que dans un petit quadrant nord, l'immeuble de grande hauteur n'induirait d'ombre à aucun moment de l'année.

Il est clair que plus on s'éloigne de la tour plus l'ombre se « déplacera » rapidement, contrairement aux zones plus proches de la tour où le recouvrement des ombres minutes après minutes sera plus fort ; en effet, à même vitesse angulaire l'éloignement augmente la vitesse de déplacement.

En résumé, plus on se rapproche linéairement de la tour, cela étant encore plus vrai si on se rapproche angulairement du nord, moins on disposera de rayonnement solaire direct sur la totalité de l'année.

2. Vue directe sur le ciel dans la direction d'un immeuble élevé

2.1. Facteur vue du ciel

La vue du ciel est un critère de confort psychologique tant pour l'utilisateur de l'espace public que pour l'occupant d'un bâtiment.

Le facteur vue du ciel est l'angle solide de vue du ciel depuis un espace urbain ou à l'interface de celui-ci avec du bâti, c'est-à-dire une mesure de l'ouverture vers le ciel du lieu pris en considération. Le facteur de vue du ciel maximum possible entre une personne et le ciel est de 1. Ce cas n'existe que s'il n'y a aucun obstacle vertical au-dessus de l'horizon. Par contre le facteur vue du ciel peut-être pratiquement nul si une personne se trouve en-dessous d'un ensemble d'objets provoquant une obstruction conséquente voir totale.

Le facteur vue du ciel ou sky view factor se définit comme suit :

$$SVF = 1 - OBF$$

Où *OBF* est le facteur d'obstruction du ciel, c'est-à-dire la somme des facteurs d'obstruction de chaque obstacle, calculé suivant la formule :

$$OBF = \sum_{i=0}^n [(\text{angle d'obstruction}_{(i)} \text{ horizontal} / 360^\circ) \times (\text{angle d'obstruction}_{(i)} \text{ vertical} / 90^\circ)]$$

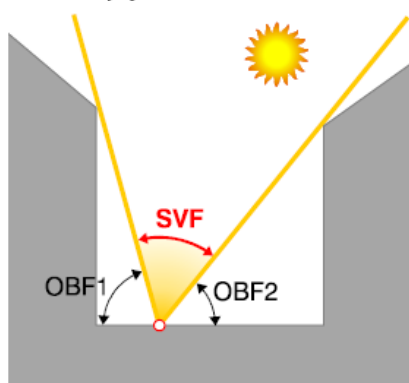


Figure 46 : Facteur vue du ciel et facteurs d'obstruction

2.2. Rayonnement solaire diffus

La vue du ciel est aussi un facteur influençant le rayonnement solaire diffus reçu au point pris en considération. Un facteur vue du ciel suffisant est non seulement garant d'un confort visuel diurne dans les espaces extérieurs mais aussi d'un facteur lumière du jour à maximiser à l'interface des façades des immeubles afin d'en diminuer les besoins en éclairage artificiel et donc en énergie.

Le facteur lumière du jour est le rapport de l'éclairement naturel intérieur reçu en un point d'un plan de référence (généralement, le plan de travail ou le niveau du sol) à l'éclairement extérieur simultané sur une surface horizontale en site parfaitement dégagé ; ces deux valeurs d'éclairement sont dues à la lumière reçue d'un même ciel dont la répartition des luminances est supposée ou connue, la lumière solaire directe en étant exclue. Le FLJ s'exprime en % ; $FLJ = E_{int}/E_{ext}(\%)$.

Le rayonnement solaire diffus en fonction du facteur vue du ciel se définit comme suit :

$$RS_{dif} = R_d \times SVF \quad (\text{rayonnement solaire diffus au point considéré})$$

Où *R_d* est le rayonnement solaire diffus mesuré sur un plan horizontal
SVF est le facteur de vue du ciel (« sky view factor »)

2.3. Surfaces miroitantes

Opter pour des surfaces de façades de tours miroitantes pour des raisons internes à la tour (diminution des gains solaires non souhaitables et intenable à cause des surfaces vitrées excessives) ou par la tentation qu'auraient certains de vouloir compenser l'obstruction à la lumière que produit la tour sur son voisinage serait une grave erreur.

Il faut absolument éviter les surfaces miroitantes. En effet, la lumière directe, et non pas diffuse, qu'elles propagent est incontrôlable et source d'éblouissement tant à l'échelle locale que plus large.

Au-delà de l'inconfort visuel engendré par l'éblouissement, la « nouvelle lumière directe » consécutive à la réflexion lumineuse sur les surfaces miroitantes change la donne dans l'environnement. Des façades Nord et d'autres orientations de bâtiments environnants étudiés précisément en fonction des gains ou non-gains solaires disponibles se voient tout d'un coup projetées dans une « orientation Sud » pouvant perturber profondément la donne. De plus, le jour où la tour disparaît ou change de revêtement, la donne bascule à nouveau.

2.4. Obstruction de l'immeuble tour

Un immeuble élevé sera un facteur d'obstruction important dans un large rayon autour de sa base, il diminuera donc fortement le facteur vue du ciel dans ce périmètre.

Il est clair que le lieu des points critiques par rapport à la vue du ciel dans la direction de la tour est fait des prolongations des médianes des côtés de la tour. C'est précisément sur ces axes qu'il faudra être d'autant plus éloigné de la tour que celle-ci est haute pour avoir accès à la vue du ciel et alors seulement pouvoir maximiser cette vue du ciel afin d'augmenter le confort lumineux des espaces occupés.

La considération évoqué ici part du principe que la tour est par définition plus haute que large et que l'on aura plus que probablement accès à une vue sur le ciel latérale avant d'accéder à une vue au-dessus de l'immeuble de grande hauteur.

Pour connaître les distances à partir desquelles un occupant d'un immeuble proche d'un immeuble élevé a une vue directe sur le ciel dans sa direction, un peu de géométrie s'impose :

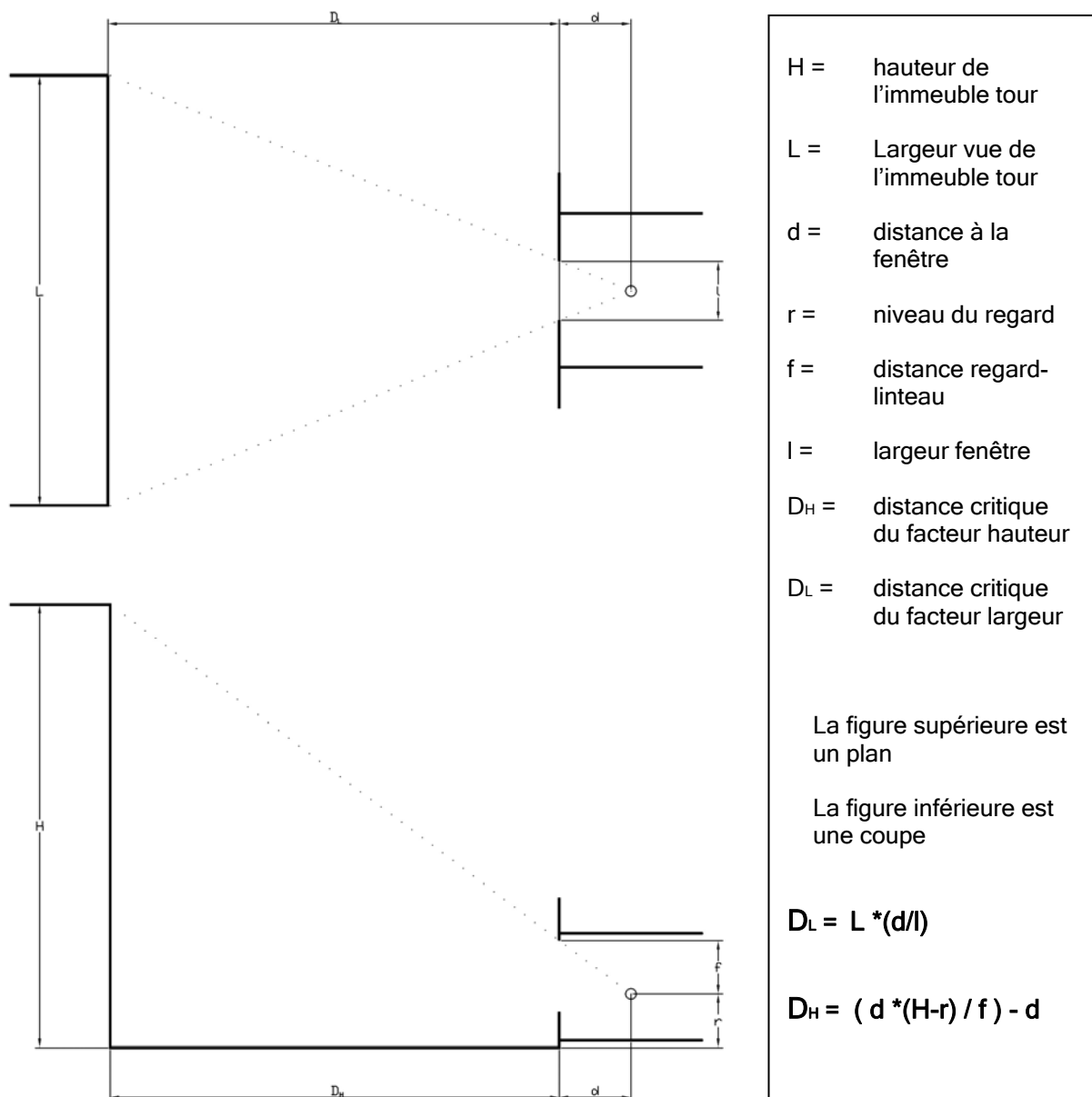


Figure 47 : Géométrie pour calculer la distance à partir de laquelle il est possible d'apercevoir le ciel depuis un point tel qu'un poste de travail ou un canapé au rez d'une maison environnante (plan sup ; coupe inf)

Appliquons la figure et les formules de la page précédente à un exemple précis et probable. Imaginons une tour de section 40m/40m ($L=40m$) et de 100m ($H=100m$) de hauteur. Plaçons-nous au bel-étage d'une maison bruxelloise typique à une profondeur de 2m par rapport à la façade ($d=2m$, $l=2m$, $r=2,5$, $f=1,5m$).

Dans ce cas $Dl=40m$ et $Dh=128m$.

Cela signifie que dans un rayon de 40m autour d'une tour de 100m de hauteur et de 40m de largeur, une personne au rez-de-chaussée d'une maison bruxelloise typique orientée vers l'immeuble haut n'a aucune vue possible sur le ciel. La vue possible sur le ciel au dessus de la tour n'est quant à elle possible qu'à partir d'une distance de 128m de la tour ! Entre ces deux distances critiques les voisins de la tour n'auront une vue du ciel que latérale et partielle.

L'immeuble de grande hauteur est un facteur d'obstruction important de la vue du ciel et ce jusqu'à une distance relativement lointaine de son implantation.

CONCLUSION

Une conception prudente et étudiée des ambiances urbaines peut/doit fournir une **protection contre les aspects négatifs et une exposition aux aspects positifs** de l'environnement climatique en milieu urbain, pour la majorité des utilisateurs pendant la plus grande partie du temps.

Les principaux **facteurs microclimatiques influencés par la présence d'immeubles hauts** à prendre en compte pour des ambiances urbaines de qualité sont les suivants :

- ▶ **Le confort au vent**
- ▶ **Le confort visuel**
- ▶ **Le confort thermique lié au confort au vent et à l'ensoleillement**

Confort au vent

L'optimum pour garantir le confort piéton de l'espace public est de favoriser l'effet canyon avantageux consécutif à la morphologie du tissu urbain. Pour garantir cet effet canyon, il s'agit que **le rapport entre la hauteur des bâtiments et la largeur de la rue soit supérieur ou égal à 0,7** tout en ne proposant pas de larges espaces ouverts; cela ne semble pas vraiment compatible avec la présence de tours dans la ville.

Les changements de hauteur abrupts créent toujours des problèmes au niveau piéton. Ainsi, des zones de transition doivent être créées pour **éviter des changements de hauteur qui dépassent 100% de la hauteur de la zone précédente**.

Les niveaux d'inconfort au vent au coin d'un bâtiment s'accroissent rapidement avec la hauteur de celui-ci.

Pour réduire les hautes vitesses de vent inévitables autour d'un bâtiment élevé, on peut donner les quelques conseils architecturaux suivants :

- ▶ **Diminuer la hauteur du bâtiment élevé**, afin de diminuer le rapport H/h entre la hauteur de ce bâtiment et la hauteur moyenne du tissu urbain ;
- ▶ **Diminuer la hauteur des parties du bâtiment qui longent l'espace public**, surtout près des coins, par des reculs, des gradins, des socles,... cela pour que le rapport H/h soit le plus progressif possible ;
- ▶ **Densifier le voisinage immédiat du bâtiment élevé** par des constructions moins élevées, dont le rapport de hauteur devrait idéalement se situer dans l'intervalle suivant : $1.6 \leq H/h \leq 2.5$;
- ▶ Créer de **larges débords** sur toute la façade du bâtiment.
- ▶ Prévoir des **éléments poreux** (végétation, écrans perméables,...) sur l'ensemble de la zone afin de réduire les vitesses de vent au niveau piéton ;
- ▶ **Agrandir l'espacement entre les bâtiments élevés** jusqu'à une distance au moins égale à 3 fois la dimension transversale des tours ($E > 3d$) afin d'éviter les interférences entre celles-ci.

Des études devraient être menées afin de mettre en évidence l'existence ou non de formes de tours préférentielles évitant tant que faire se peut l'apparition de perturbations aérodynamiques ou rejetant ou piégeant celles-ci au-dessus de l'espace public.

► ► ► *On peut essayer de limiter les effets de vent dus à un immeuble élevé, cependant ce ne seront jamais que des pansements et, comme le dit l'adage, il est toujours préférable de prévenir que de guérir...*

Confort visuel et ensoleillement

L'immeuble de grande hauteur est un facteur d'obstruction important de la vue du ciel et ce jusqu'à une distance relativement lointaine de son implantation. Il est clair que le facteur critique est moins la section de l'immeuble élevé que sa hauteur. La projection de l'ombre diminuera proportionnellement à la diminution de la hauteur de la tour.

En Belgique, les immeubles qui masquent le soleil sont globalement considérés comme désagréables, ils apportent un peu d'ombrage en été mais deviennent, par contre, de réels obstacles à l'ensoleillement en hiver. De plus ils obstruent la vue du ciel tout au long de l'année diminuant le confort psychologique des résidents voisins ainsi que des utilisateurs de l'espace publics et augmentent les besoins énergétiques de bâtiments avoisinants.

- Il faut favoriser un facteur vue du ciel élevé, c'est à dire favoriser les **zones où le ciel occupe une plus grande partie** du champ visuel que les bâtiments environnants. Ces zones correspondent aux parties de l'espace pour lesquelles le rapport entre la hauteur des bâtiments et la largeur de l'espace reste inférieur à $\frac{1}{2}$ (c'est-à-dire **$H/W < 0.5$**) ;
- **Un facteur vue du ciel élevé est aussi garant d'un facteur lumière du jour élevé** à l'interface des immeubles jouxtant l'espace public et diminuant d'autant leurs besoins en éclairage artificiel non souhaitables de par leurs consommations énergétiques ;
- **Eviter les risques d'éblouissement** qui sont le plus souvent générés par les réflexions spéculaires du rayonnement solaire direct sur des surfaces très réfléchissantes ;
- **Les ombrages négatifs excessifs sont inévitables... sauf par une diminution drastique de la hauteur de(s) l'immeuble(s) haut(s).**

► ► ► *Les ombrages négatifs excessifs et un mauvais accès à la vue du ciel dus à un immeuble élevé sont inévitables par la nature même de celui-ci... La seule voie pour les limiter est de revoir la taille de l'édifice à la baisse.*

La tour est un élément critique de la ville, critique pour l'environnement non bâti, critique pour l'environnement bâti. Tout ce qu'on pourra faire relèvera toujours du pansement ... La seule voie raisonnable est de diminuer la hauteur de l'immeuble haut, ce qui pourrait sembler paradoxal apparaît comme la solution plus sage.

Une étude précise au cas par cas incluant précisément les paramètres du cadre environnant la tour envisagée est une étape incontournable au processus de conception de celle-ci ainsi qu'à la décision des pouvoirs urbanistiques d'octroyer le permis d'urbanisme permettant l'érection de l'édifice de grande hauteur concerné. Il en va du confort de l'espace public et de son environnement bâti, cela dans un rayon conséquent autour de l'édifice de grande hauteur.

Cette étude devrait bien évidemment être confiée à un **organisme de contrôle compétant en la matière mais surtout indépendant** des concepteurs qui avanceront toujours des résultats leurs étant favorables les enjeux économiques étant énormes. Il est évident que de telles pratiques se font bien souvent hélas au détriment de l'exactitude scientifique indispensable à une telle étude tant l'impact de la tour sur son environnement est non négligeable.

Annexes

1. Bibliographie

- REITER S., **Elaboration d'outils méthodologiques et techniques d'aide à la conception d'ambiances urbaines de qualité pour favoriser le développement durable des villes**, thèse UCL, Louvain-la-neuve, 2007.
- BOTTEMA M., A method for optimisation of wind discomfort criteria, Building and Environment 35 : 1-18, 2000.
 - COMPAGNON R., GOYETTE-PERNOT J., Visual Comfort in Urban Spaces. In: CEE, Designing Open Spaces in the Urban Environment: a bioclimatic approach, Centre for Renewable Energy Sources. Grèce; 2004.
 - ESCOURROU G., Le climat et la ville, Nathan Université, 1991.
 - GANDEMER J., Le confort et le vent dans les espaces extérieurs, CSTB Magazine, 1982.
 - LIEBARD A., DE HERDE A., Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatiques. Concevoir, édifier et aménager avec le développement durable. Observ'ER, Baume-les-Dames, 2005.
 - LITTLEFAIR P., Daylight, sunlight and solar gain in the urban environment, Solar energy vol 70 n°3, p. 177-185, 2001
 - NBN B 03-002-1, Action du vent sur les constructions : généralités ; pression du vent sur une paroi et effets d'ensemble du vent sur une construction, deuxième édition, Institut belge de Normalisation, Bruxelles, 1988.
 - OKE T R., Street Design and Urban Canopy Layer Climate, Energy and Buildings, 1988, vol11 p 103-113.
 - REITER S., L'influence du microclimat sur le confort des piétons pour des espaces publics durables, mémoire de DEA, Université catholique de Louvain, Louvain-la-Neuve, 2003.
 - WIERINGA J., Updating the Davenport roughness classification, J Wind Eng, 41 (1992) 357- 368)

2. Fréquences des vents à Uccle

Fréquence de dépassement (%) de la vitesse du vent $U_{météo}$, max en fonction de son orientation pour Uccle (Bruxelles) :

Vent (m/s)	Orientation du vent											
	N	NNE	NEE	E	EES	ESS	S	SSO	SOO	O	OON	ONN
0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0,1	99,8	100	100	100	100	100	99,9	100	100	100	100	100
0,2	99,5	100	100	100	100	100	99,7	100	100	100	100	100
0,3	99,5	100	99,9	100	100	100	99,7	100	100	99,9	99,4	100
0,4	99,5	100	99,9	100	100	100	99,6	100	100	99,9	99,4	100
0,5	98,3	100	99,9	100	100	99,4	99,5	100	99,9	99,3	99,4	99,8
0,6	97,8	99	99,5	99	100	97,3	99,2	99,5	99,8	98,4	98,9	98,8

0,7	97,1	97,4	99,5	98,1	99,4	96,2	98,5	99,3	99,5	97,1	98,6	97,6
0,8	97,1	95,8	99,5	98,1	98,3	95,4	98,2	99	99,3	96,8	98,6	96,7
0,9	96,6	95,8	99,2	97,1	98,3	95,1	97,6	98,9	99,1	96,7	98,6	96,1
1	96,6	95,4	98,7	95,2	96,7	93,9	97	98,2	98,2	95,5	97,3	93,9
1,1	95,9	93,5	98,15	91,4	93,9	93,3	96,8	97,5	97,1	93,4	95,9	92,6
1,2	95,9	93,2	97,6	90,5	93,9	93,3	96,5	97,5	97	93,3	95,9	92,4
1,3	95,4	91,2	96,3	88,1	91,7	92,9	95,4	96,4	96,3	92,2	95,6	91
1,4	94,2	88,6	95,5	86,7	91,1	91,2	94,4	95,7	95,2	91,2	93,7	88,7
1,5	94	88,6	95,2	86,7	91,1	90,7	93,8	95,6	95	91,2	93,2	88,7
1,6	92,5	87	93,4	84,8	89,4	89,7	91,6	94,5	93,9	89,7	92,7	87,7
1,7	91,3	85,7	91,9	81,4	86,1	88,6	89	92,6	92	88,6	91,3	86,1
1,8	89,6	83,8	90,6	77,6	84,4	86,9	87	90,8	90,6	86,7	90,7	84,2
1,9	88,9	82,5	90	76,2	82,8	85,9	85,7	89,1	89,8	86,3	90,5	83,6
2	87	79,9	88,5	75,2	80	83,6	84,2	88,5	88,8	85,4	89,7	82,8
2,1	84,3	72,7	86,7	72,4	73,9	80,7	80,8	86,4	86,5	82,9	88,6	81,2
2,2	81,1	72,7	84	67,1	68,9	76,7	75,2	83,9	81,5	79,2	84,8	80,2
2,3	80,9	72,7	84	66,2	68,3	76,4	75	83,8	81,3	79,1	84,5	79,9
2,4	77,5	70,1	81	61,9	60,5	72,5	71,7	80,7	77,9	75,7	81,8	76,9
2,5	74,15	64,9	78,2	59,5	57,2	68,5	68,1	78,8	75,3	72,7	80,7	75
2,6	74,15	64,9	78,1	58,6	57,2	68,2	68,1	78,4	74,7	72,7	80,7	74,7
2,7	69,3	60,7	73,9	53,8	53,3	64,9	66,5	76,4	71	69,1	78,8	70,8
2,8	66,4	56,2	70,6	46,2	42,8	61,5	63	73,4	66,7	66,5	75,2	67,9
2,9	65,2	55,5	70,3	46,2	41,7	61,2	62,5	72,8	66	66,4	75	67,4
3	60,4	51,3	66,5	38,1	37,8	59	59,3	70	63,5	63,1	73,9	64,2
3,1	57,2	47,7	62,9	33,3	32,8	57,1	55,9	67,4	60,8	59,3	71,1	60,7
3,2	51	43,5	59,9	23,8	28,3	54,7	52,5	64,5	58	56,5	69,3	55,3
3,3	47,3	40,3	57,8	18,1	25,5	51,5	49,1	62,7	55,5	52,3	67,7	53,4
3,4	47,1	40,3	57,4	17,1	24,4	50,6	48,7	61,8	54,9	52,2	67,1	52,8
3,5	43,5	36	55,3	11,4	22,8	48	45,1	58,6	52,2	49,8	64,1	49,5
3,6	39,8	34,4	52,1	9	20	45,9	42,6	55,8	49,8	47,1	63	45,6
3,7	39,8	34,3	52	9	19,4	45,9	42,6	55	49,5	47	63	45,3
3,8	35,7	30,5	49,3	7,6	16,7	43,5	39,1	52,3	47,4	44,4	59,8	42,3
3,9	31,1	27,3	47	4,3	13,3	40,6	36,8	49,7	44,9	40,7	58,1	39,8
4	29,9	26,9	46,83	3,8	13,3	40,1	36,5	49,1	44,6	40,3	56,8	38,6
4,1	25,8	25,6	44,8	1,4	10,5	38,4	34,5	47	42,2	37,7	54,9	36,1
4,2	22,2	23,7	43,1	0,95	6,7	35,7	32,3	44,9	39,5	34,7	52,2	32,8
4,3	19,08	21,7	40	0,95	5	32,8	30	42,2	36,9	32,7	50,5	29,7
4,4	13,5	19,48	35,9	0,5	4,4	30,1	28,2	39,7	34,2	30	48,6	26,6
4,5	13,3	19,48	34,6	0,5	3,9	29,33	28	38,6	33,6	29	48,4	25,4
4,6	11,1	18,2	34,3	0	3,9	27,5	25,6	35,4	31,1	26,7	46,5	22,8
4,7	8,9	16,9	33,1	0	2,8	24,9	24,2	33,7	29,3	24,4	43,2	21
4,8	8,9	16,2	33	0	2,8	24,6	24,2	33	29	24	43,2	21
4,9	7	14,6	30,9	0	1,7	23,5	21,5	30,6	27,1	21,4	41,8	18,2
5	6	13	28,6	0	1,1	19,9	19,7	27,6	25,5	19	39,7	16,7
5,1	6	13	28,6	0	1,1	19,9	19,7	27,4	25,2	18,8	39,7	16,6
5,2	5,3	12	26,8	0	1,1	18,2	18,1	25,4	23,6	17,1	36,9	14,6
5,3	4,8	11	25,5	0	0	16,1	16,33	23,7	22,1	16,3	33,4	13,3
5,4	4,6	10,7	25,3	0	0	15,6	16	23,1	21,5	15,8	33,1	12,7
5,5	4,3	10,4	23,6	0	0	14,1	15,1	21,6	20,2	14,4	31	11,4
5,6	3,6	10,4	22,2	0	0	13,4	13,8	19,2	18,1	13,1	27,2	9,9
5,7	2,6	10,1	20,7	0	0	11,7	13,2	17,6	16,9	11,9	24,2	8,9
5,8	2,6	10,1	20,7	0	0	11,4	13,1	17,1	16,2	11,8	23,9	8,3

5,9	2,6	9,4	19,1	0	0	10,6	12,3	16,3	15,5	10,8	22,3	7,7
6	2,6	8,4	18,1	0	0	9,1	11,4	14,5	14,6	10	20,1	6,8
6,1	2,2	4,9	14,8	0	0	7,4	11,1	13,4	13,4	9,5	18,75	5,9
6,2	2,2	4,9	14,5	0	0	7	10,8	13	13,2	9,3	18,75	5
6,3	1,7	4,9	12,8	0	0	6,2	9,8	12,1	12,2	8,7	18,2	4,7
6,4	1,2	3,9	11,3	0	0	5,3	9,4	10,7	11,5	8	17,9	4,7
6,5	1,2	3,9	11,2	0	0	5	9	10,3	11,2	7,5	17,7	4,6
6,6	1,2	3,9	9,8	0	0	4,5	8,3	10,1	10,5	7	17,4	4,4
6,7	1,2	3,6	8,6	0	0	3,9	7,6	8,9	10	6,6	16,8	4
6,8	1,2	2,6	7,8	0	0	3,6	6,7	8,4	9,4	5,5	16	3,4
6,9	1,2	2,6	7	0	0	3,3	6,4	8,2	9,2	5,4	16	3,4
7	1	2,3	5,9	0	0	2,7	5,9	7,5	8,9	5,1	15,5	3,4
7,1	0,7	2,3	5,5	0	0	2,4	5,2	7	8,1	4,2	14,4	3,2
7,2	0,7	1,9	4,5	0	0	2,1	5,1	6,6	7,3	3,8	13,3	3,2
7,3	0,7	1,9	4,5	0	0	2	4,9	6,5	7,2	3,8	13,3	3
7,4	0,7	1,6	3,6	0	0	1,7	4,5	6	6,5	3,3	12,8	2,4
7,5	0,5	1,3	3	0	0	1,5	3,9	5,4	5,9	2,8	11,7	2,2
7,6	0,5	1,3	3	0	0	1,4	3,7	5,4	5,8	2,8	11,7	2,2
7,7	0,5	1,3	2,9	0	0	0,9	2,9	4,6	5,1	2,8	10,6	1,9
7,8	0,5	1	2,4	0	0	0,9	2,7	4,4	5	2,5	9,8	1,8
7,9	0,5	1	2,2	0	0	0,8	2,1	4,2	4,8	2,5	9,5	1,8
8	0,2	1	1,8	0	0	0,8	1,9	3,7	4,2	2,4	9,2	1,6
8,1	0,2	1	1,6	0	0	0,6	1,6	3,3	3,7	2,4	9	1,6
8,2	0	1	1,2	0	0	0,6	1,2	2,8	3,4	2,2	8,7	1
8,3	0	0,6	0,8	0	0	0,6	1,1	2,3	3,1	2,2	8,7	0,7
8,4	0	0,3	0,8	0	0	0,4	0,9	2,2	3	2,1	8,1	0,6
8,5	0	0	0,8	0	0	0,4	0,9	1,9	2,7	2	7,6	0,3
8,6	0	0	0,3	0	0	0,1	0,7	1,5	2,4	1,8	7,6	0,3
8,7	0	0	0,3	0	0	0,1	0,5	1,4	2,3	1,8	7,6	0,3
8,8	0	0	0,3	0	0	0	0,5	1,2	2,1	1,8	6,8	0,1
8,9	0	0	0,1	0	0	0	0,1	0,9	1,9	1,4	5,4	0
9	0	0	0,1	0	0	0	0,1	0,9	1,7	1,4	5,4	0
9,1	0	0	0,1	0	0	0	0,1	0,8	1,5	1,4	5,2	0
9,2	0	0	0,1	0	0	0	0,1	0,8	1,5	1,2	4,9	0
9,3	0	0	0	0	0	0	0,1	0,8	1,4	1	4,6	0
9,4	0	0	0	0	0	0	0	0,7	1,4	1	4,1	0
9,5	0	0	0	0	0	0	0	0,6	1,3	1	3,8	0
9,6	0	0	0	0	0	0	0	0,4	1,2	1	3	0
9,7	0	0	0	0	0	0	0	0,4	1,2	0,9	3	0
9,8	0	0	0	0	0	0	0	0,4	1,2	0,9	3	0
9,9	0	0	0	0	0	0	0	0,4	1,1	0,6	2,2	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0,3	1,1	0,6	1,6	0
10,1	0	0	0	0	0	0	0	0,3	1,1	0,6	1,6	0
10,2	0	0	0	0	0	0	0	0,2	1	0,6	1,6	0
10,3	0	0	0	0	0	0	0	0,2	1	0,6	1,3	0
10,4	0	0	0	0	0	0	0	0,2	0,9	0,6	1,3	0
10,5	0	0	0	0	0	0	0	0,2	0,9	0,6	1,1	0
10,6	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0,9	0,5	0,8	0
10,7	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0,8	0,5	0,5	0
10,8	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0,8	0,5	0,5	0
10,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0,7	0,5	0,5	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0,6	0,5	0,3	0

11,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0,6	0,5	0,3	0
11,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0,6	0,5	0	0
11,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0,5	0,5	0	0
11,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0,5	0,5	0	0
11,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0,5	0,5	0	0
11,6	0	0	0	0	0	0	0	0	0,5	0,5	0	0
11,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0,4	0,5	0	0
11,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0,4	0,5	0	0
11,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0,4	0,5	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0,2	0,4	0	0
12,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0,2	0,4	0	0
12,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0,2	0,4	0	0
12,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0,2	0,4	0	0
12,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0,2	0,4	0	0
12,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0,4	0	0
12,6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,4	0	0
12,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,4	0	0
12,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,4	0	0
12,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,4	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,4	0	0
13,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,3	0	0
13,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,3	0	0
13,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0
13,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0
13,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0
13,6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0
13,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14,6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

3. Profil du vent pour la région Bruxelloise

Le profil de vent urbain de référence pour l'ensemble des simulations de cette études réalisées à l'aide du logiciel FLUENT a été calculé comme expliqué au point 1.5 de cette note, avec le U10,météo relevé à Uccle. En voici le détail :

Altitude h1[m]-h2[m]	Vitesse vent v [m/s]
000-001	03.80
001-002	05.00
002-003	05.68
003-004	06.18
004-006	06.76
006-009	07.48
009-012	08.13
012-016	08.73
016-024	09.55
024-030	10.30
030-036	10.83
036-042	11.29
042-050	11.76
050-060	12.30
060-080	13.07
080-100	14.07
100-120	14.63
120-140	15.26
140-160	15.81
160-180	16.32
180-200	16.78
200-220	17.20
220-240	17.6
240-280	18.13
280-400	19.33

Ministère de la Région de Bruxelles-capitale



**Objectivation
des avantages et inconvénients
des immeubles élevés à Bruxelles**

5

**ADÉQUATION
DES IMMEUBLES ÉLEVÉS
AU MARCHÉ IMMOBILIER
DE LA RÉGION DE BRUXELLES-CAPITALE**

Responsable de la recherche

Bernard Declève, URBA-UCL

Equipe de recherche

Nathalie Boton, CERES-UCL

Michaël Durbecq, URBA-UCL

Philippe Gruloos, ISA St Luc, ARCH-UCL

Christian Lasserre, CLI

Philippe Boland, ARCH-UCL

Auteur du rapport sur l'adéquation des immeubles élevés au marché immobilier de la RBC

Christian Lasserre, CLI

Avant-Propos

La note ci-après contribue à l'étude commandée à l'unité d'urbanisme de l'UCL par le ministère de la Région de Bruxelles-Capitale sur « la problématique des immeubles élevés (tours) de bureaux, de logements et mixtes en Région de Bruxelles-Capitale ».

La demande du ministère comporte deux grands volets:

- une objectivation des avantages et inconvénients des immeubles hauts selon divers points de vue (planification stratégique, urban design, architecture et techniques de construction, économie immobilière, droit de l'urbanisme, sociologie des usages et de la gestion) et en tenant compte des spécificités de la situation bruxelloise ;
- la définition de critères de localisation et d'analyse de projets urbains ou immobiliers comportant des immeubles hauts et la proposition de sites en Région bruxelloise éventuellement propices au développement de différentes catégories de projets.

Le rapport final de l'étude contient une note de synthèse et cinq notes thématiques:

1. Rapport de synthèse
2. La tour comme objet technique (62 p.)
3. Habitabilité de l'environnement des tours (37 p.)
4. La tour comme matériau de projet urbain
5. La tour comme objet d'économie immobilière
6. Outils de régulation juridique de la construction en hauteur

Une même démarche en quatre étapes a été suivie pour l'approche des cinq volets thématiques :
/1/Observation de cas / 2 / Recherche documentaire /3 / Identification de 'tendances' ou scénarios /
4 / Application au cas de la RBC et recommandation de critères.

Le raisonnement appliqué à Bruxelles s'inscrit dans un cadre de 10 objectifs régulateurs :

1. Promotion de l'habitat (la ville à vivre)
2. Création de logements abordables et diversifiés
3. Accessibilité des transports publics en dix minutes à pied et connexion sur des itinéraires de mobilité douce
4. Disponibilité de parcs et espaces verts en quantité suffisante
5. Préservation des ressources de l'environnement / recours aux techniques d'environnement durable
6. Une ville de 1 200 000 habitants ;
7. Imaginer les bureaux du futur
8. Favoriser l'Europe à Bruxelles
9. Optimiser les infrastructures
10. Développer l'emploi

Dans ce cadre d'objectif, l'application des critères issus des différentes notes fournit des éléments d'évaluation de la situation des tours à Bruxelles et du potentiel lié à un développement de grande hauteur dans deux scénarios de projet:

- reconstruction de la ville sur la ville (insertion de nouvelles tours dans le tissu existant, utilisation des tours comme matériau de restructuration des Z.I.R. et des zones leviers bruxelloises, recyclage des bâtiments hauts déjà existants)
- Extension urbaine.

Bernard Declève



TABLE DES MATIERES

Table des matières des illustrations.....	2
Résumé.....	4
Méthode.....	4
Résultats.....	4
1 Introduction	6
1.1 L'environnement immobilier	6
1.2 L'environnement économique et démographique	7
2 Examen des principaux critères de décision.....	13
2.1 Calcul d'incidence du prix des terrains sur le prix des opérations immobilières en fonction du programme et du nombre d'étages.....	13
2.1.1 La rente foncière	13
2.1.2 Impact des mécanismes financiers et des structures économiques	14
2.2 Tableaux des coûts en fonction du type et de la hauteur des immeubles.....	24
3 Élaboration d'un tableau d'évolution d'une quinzaine de postes de coûts en fonction du nombre d'étages	49
3.1 Répartition des coûts.....	49
3.2. Conclusion et commentaires.....	54
4 Évaluation économique de la taille optimale des opérations en termes de densité bâtie pour différents types de programmes logements, bureaux, mixtes	55
5 Coûts de fonctionnement	62
6 Production de bureaux neufs et construction de tours de plus de 20 ans (1957-1988)	72
7 Adaptation du modèle tour aux petites surfaces de bureaux.....	75
8 Autres facteurs influençant les surfaces nécessaires	77
9 Cas d'application de la réalisation d'immeubles de bureaux de grande hauteur et de grande capacité	79
10 Possibilités et limites de la mixité fonctionnelle dans les immeubles hauts.....	86
11 Différenciation des prix de vente des logements en fonction de la hauteur.....	89
11.1 La cohérence prix/marché.....	89
11.2 La diversification des prix, le dégagement de plus-values foncières éventuelles et l'affectation de celles-ci notamment en logements conventionnés.....	90
CONCLUSION	93
ANNEXES.....	101

Table des matières des illustrations

<u>FIGURE 1 : ÉVOLUTION DE LA POPULATION EN RBC 1980-2060</u>	7
<u>TABLEAU 1 : NOMBRE DE TRAVAILLEURS ET PERTES D'EMPLOIS POUR LA REGION BRUXELLOISE</u>	8
<u>FIGURE 2 : PROJETS DE BUREAUX TERMINES (2000-2010)</u>	9
<u>FIGURE 3 : VALEURS LOCATIVES (2000 - 3EME TRIM. 2007)</u>	9
<u>FIGURE 4 : VALEURS LOCATIVES DES BUREAUX EN EUROPE</u>	10
<u>FIGURE 5/1 : VALEURS LOCATIVES DES BUREAUX DANS LES DIFFERENTS QUARTIERS DE LA REGION DE BRUXELLES-CAPITALE ET DANS LA PERIPHERIE</u>	11
<u>TABLEAU 5/2 : VALEURS LOCATIVES DES BUREAUX EN EUROPE ET PRISE EN OCCUPATION</u>	11
<u>FIGURE 6 : EXEMPLES DE SURFACES TRANSFEREES PAR LA REGIE DES BATIMENTS DE L'ÉTAT DANS UN IMMEUBLE ELEVE</u>	12
<u>TABLEAU 3 : IMPACT DES MECANISMES FINANCIERS ET DES STRUCTURES ECONOMIQUES SUR LES GABARITS ET DENSITES DANS LA REGION DE BRUXELLES-CAPITALE</u>	14
<u>FIGURE 7 : RELATION ENTRE PRIX MARGINAUX, VUES ET ETAGES</u>	15
<u>FIGURE 8 : HAUTEUR OPTIMALE</u>	16
<u>FIGURE 9 : RELATION ENTRE COUT MARGINAL, EMPREINTE AU SOL ET HAUTEUR</u>	17
<u>TABLEAU 4</u>	21
<u>TABLEAU 4 A - DUREE DE VIE ESTIMEE DES COMPOSANTS (1)</u>	22
<u>TABLEAU 5 – REPARTITION DES COUTS</u>	49
<u>FIGURE 10 : ÉVOLUTION DU COUT RELATIF D'UNE STRUCTURE EN ACIER</u>	49
<u>FIGURE 11 : COUT DETAILLE DE LA CONSTRUCTION D'UN BATIMENT DE PLUSIEURS ETAGES :</u>	50
<u>EVOLUTION 1980-2000</u>	50
<u>FIGURE 12 : IMPACT DE L'IMMEUBLE "VERT" SUR UNE SERIE DE FACTEURS</u>	50
<u>TABLEAU 6 : RAPPEL HISTORIQUE DES COUTS DE CONSTRUCTION/SQ FT DE SURFACES NETTES - PRINCIPALES COMPOSANTES, NEW YORK, 1930</u>	51
<u>LE TABLEAU 7 ET LES FIGURES 13, 14, 15 ET 16 REALISES PAR E.C. HARRIS ET PAR L'IRON AND STEEL INSTITUTE, VISENT A INTEGRER LES IMPACTS DES FORMES URBAINES :</u>	52
<u>TABLEAU 7</u>	52
<u>FIGURE 13: COUTS DU CYCLE DE VIE</u>	52
<u>FIGURE 14 : PROGRAMME</u>	53
<u>FIGURE 15 : COUTS DU CAPITAL</u>	53
<u>TABLEAU 8 : OPPORTUNITES – MENACES</u>	56
<u>FIGURE 17 : P/S IMMEUBLE R+7</u>	56
<u>FIGURE 18 : P/S IMMEUBLE R+15</u>	57
<u>FIGURE 19 : P/S IMMEUBLE R+22</u>	57
<u>FIGURE 20 : P/S IMMEUBLE R+30</u>	57
<u>FIGURE 21 : P/S IMMEUBLE R+35</u>	58
<u>FIGURE 22 : P/S IMMEUBLE R+40</u>	58
<u>FIGURE 23 : P/S IMMEUBLE R+50</u>	58
<u>FIGURE 24 : SYNTHESE P/S</u>	59
<u>FIGURE 25 : P/S THEORIQUE ET P/S REEL</u>	61
<u>FIGURE 26 : LES DIFFERENTES CATEGORIES DE COUTS</u>	63
<u>FIGURE 27 : COUT GLOBAL/OCCUPANT</u>	63
<u>FIGURE 28 : COUT GLOBAL/M² : INDICATEURS</u>	64
<u>FIGURE 29 : COUT DETAILLE PAR M² : POIDS DES POSTES DE CHARGES</u>	64
<u>FIGURE 30 : ANALYSE DE LA DISPERSION : COEFFICIENT DE VARIATION</u>	65
<u>FIGURE 31 : M² SUBL/OCCUPANT</u>	65
<u>FIGURE 32 : LES BENCHMARKS ENVIRONNEMENTAUX - INDICATEURS 2007</u>	66
<u>FIGURE 33 : IMPACT DE LA TAILLE DES IMMEUBLES</u>	66
<u>FIGURE 34 : IMPACT DE LA TYPOLOGIE IGH</u>	67
<u>FIGURE 35 : SYNTHESE : LES FACTEURS DE LA PERFORMANCE ENVIRONNEMENTALE</u>	67
<u>TABLEAU 9</u>	68
<u>FIGURE 36</u>	69
<u>FIGURE 37</u>	70
<u>FIGURE 38</u>	70
<u>FIGURE 39</u>	71
<u>FIGURE 40</u>	71
<u>TABLEAU 10 : RELEVÉ DE 27 IMMEUBLES DE PLUS DE 50 M DE HAUT ET DE PLUS DE 15 ETAGES</u>	72

<u>FIGURE 41</u> : NOMBRE DE CONSTRUCTIONS DE TOURS 1957-1985	73
<u>TABLEAU 11</u> : NOMBRE DE BATIMENTS RESIDENTIELS CONSTRUITS EN RBC 1968-1974	74
<u>TABLEAU 12</u> : NOMBRE DE BATIMENTS RESIDENTIELS CONSTRUITS EN RBC 2000-2007	74
<u>TABLEAU 13</u> : CONFIGURATION D'UNE MAISON BRUXELLOISE OCCUPEE EN BUREAUX	75
<u>TABLEAU 14</u> : QUARTIER EUROPEEN : SITES PRESENTANT DES OPPORTUNITES DE REDEVELOPPEMENT 2008-2015	79
<u>TABLEAU 15</u>	82
<u>TABLEAU 16</u>	82
<u>TABLEAU 17</u>	82
<u>FIGURE 42</u> : TOUR DE 40 ETAGES SUR UNE PARCELLE DE 80M X 80M	83
<u>FIGURE 43</u> : IMPLANTATION D'UN IMMEUBLE "BLOC" SUR UNE PARCELLE DE 80M DE COTE	83
<u>FIGURE 44</u> : IMPLANTATION D'UN IMMEUBLE « BLOC » SUR UNE PARCELLE DE 80M DE COTE	83
AVEC 3 AILES DE 13M	83
<u>TABLEAU 18</u>	84
<u>TABLEAU 21</u>	90
<u>FIGURE 45</u>	92
ANNEXES	101
<u>FIGURE 46</u> : ASPECTS ECONOMIQUES DE LA REALISATION D'IMMEUBLES-TOURS	101
<u>FIGURE 47</u> : ÉVOLUTION DES CHIFFRES 1966-2006	101
<u>FIGURE 48</u> : ARCHEOLOGIE DU FUTUR	102
<u>TABLEAU 22</u> : ÉVOLUTION DES LOYERS DE MARCHE INDEXES	104
<u>FIGURE 49</u> : INVESTMENT PROPERTY DATABANK	105
<u>TABLEAU 23</u> : PRINCIPALES TOURS DE BRUXELLES	105
<u>FIGURE 50</u> : GRAPHIQUE SELON CLARCK & KINGSTON	106
<u>FIGURE 51</u> : CALCUL D'OPTIMISATION DES GABARITS	107
<u>FIGURE 52</u>	107
<u>TABLEAU 20</u> : POSSIBILITES ET LIMITES DE LA MIXITE FONCTIONNELLE DANS LES IMMEUBLES HAUTS	108

Résumé

Méthode

Ce chapitre s'est essentiellement attaché à examiner deux questions :

- la construction en hauteur permet-elle, à des coûts fonciers ne variant pas en fonction des gabarits, de produire des espaces de bureaux et de logements¹ à moindre coût et dès lors à des prix plus abordables ou plus rentables ? (approche micro économique)
- ces constructions permettent-elles, sur le plan macro économique, d'augmenter la densité bâtie de la Région, compte tenu de son environnement économique, financier et immobilier ?

Résultats

En ce qui concerne la première question, l'intérêt de construire en hauteur est proportionnel à la part terrain, et le niveau ($\pm 40\%$) n'est pas encore atteint dans la plupart des localisations de la Région de Bruxelles-Capitale. Par contre la construction en hauteur pourrait être, dans des endroits urbanistiquement stratégiques, le moyen de libérer du sol au pied des tours (socles) pour implanter des fonctions de faible gabarit (+10m) ne perturbant pas visuellement la zone de recul, améliorant l'environnement et permettant aussi la création d'équipements, fonctions économiquement faibles mais dont le foncier serait financé au coût marginal de la tour – que celui-ci soit positif ou négatif.

La question des densités est liée à la remarque ci-dessus ; l'optimal de densité semble se situer à $R + 7$ (2,95 avec parcs et voiries ; 3,75 en comptabilisant uniquement les reculs. Avec des reculs proportionnels à la hauteur, la densité optimale des tours dépend de la surface des plateaux (dans les hypothèses étudiées elle se situe à 15 étages pour des plateaux de 750m² avec un P/S de 5,6 calculé sur les zones de recul), et le P/S optimal augmentant avec la taille des plateaux.

Deux facteurs peuvent influencer ces résultats :

- les zones de recul : en dehors des questions traitées par ailleurs, elles sont nécessaires dans le cas du logement (espacement visuel optimal : 30m), mais moins en bureaux où il est admis et pratiqué que les vues directes (parfois corrigées par des vitrages opaques ou des stores) soient plus rapprochées ;
- la profondeur des plateaux : les zones habitables se situent à ± 7 m en logement mais peuvent atteindre 20m de profondeur, voire plus, en bureaux.

Ces deux facteurs ont un impact important sur la conversion des immeubles et donc sur leur durabilité. Là aussi on retrouve des notions de caractéristiques locales : un faible niveau de réversibilité peut être admis dans un grand marché mais est plus difficile à gérer dans un parc bâti plus restreint.

¹ les autres fonctions relevant plus de cas spécifiques

La modulation des hauteurs et densités peut-elle être un outil de gestion financière que les autorités publiques pourraient utiliser pour financer les fonctions faibles ? Vraisemblablement pas, non pas en raison de l'équilibre des chiffres, mais à cause du manque de transparence et du manque de normalisation des méthodes.²

Comme dans beaucoup de domaines ayant trait à l'économie urbaine, il faut constater que, Bruxelles ayant un taux d'internationalisation élevé (mais pas exceptionnel : cfr Luxembourg, Genève) par rapport à sa taille, il s'avère toujours difficile d'atteindre un niveau méthodologique optimal.

² cfr CLI 2006 : l'introduction des indices sur le marché bruxellois des bureaux s'est aussi heurté à cette question de taille, les acteurs locaux estimant que cela pouvait nuire à l'anonymat des données.

1 Introduction

1.1 L'environnement immobilier

Le début des années '70 semble avoir été une période charnière dans le déclin de la production de tours d'habitations et de bureaux :

- L'entrée en vigueur de la loi Breyne (1971) sur la protection des acquéreurs de logements sur plans a imposé la constitution de garanties financières proportionnelles à l'importance des projets ; la réalisation de grands complexes est donc devenue très difficile.
- La modification et le renforcement des mesures de protection contre l'incendie (suite à l'incendie de l'Innovation en 1967) a particulièrement visé les immeubles élevés, hors d'atteinte des échelles de pompiers.
- Enfin, le premier choc pétrolier (1973) n'a fait qu'accentuer - avec les conséquences économiques et énergétiques qui ont suivi - la stagnation de la production par la promotion immobilière des grands immeubles et des immeubles de grande hauteur.

Les difficultés rencontrées par la commercialisation des tours Astro et Saifi Louise ont également contribué à cette tendance.

Dans les années '70 et '80, les tours prévues dans le Plan Manhattan du Quartier Nord ont été remplacées par des immeubles moins élevés pour des raisons économiques plus qu'urbanistiques, à l'exception des deux tours Belgacom et peut-être du WTC4 (en projet).

Sur le plan des marchés immobiliers, le regain d'intérêt pour les tours constaté actuellement peut être attribué à plusieurs facteurs :

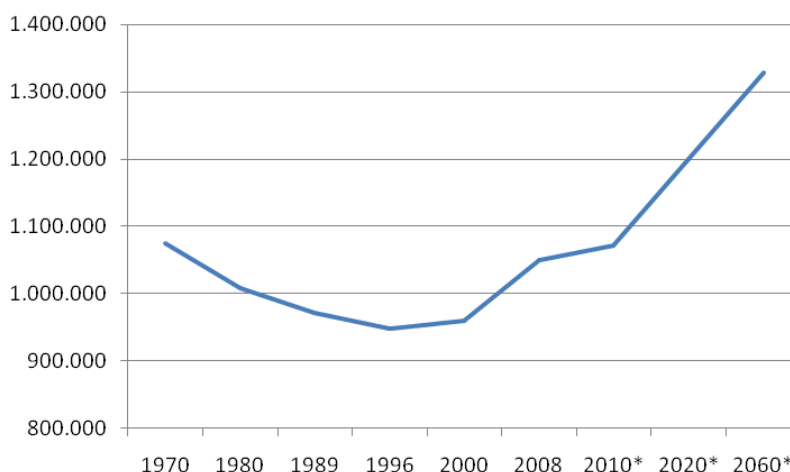
- en bureaux : l'évolution de la demande en investissements et l'augmentation des volumes unitaires, dans un but notamment de mieux amortir les frais de gestion des fonds de placement en immobilier.
- en logements : l'augmentation des valeurs foncières, le regain d'intérêt pour les situations centrales, et les exemples étrangers, principalement anglo-saxons.

Actuellement, les principaux projets d'immeubles-tours ne sont pas le résultat d'études urbanistiques mais plutôt de projets architecturaux ou immobiliers.

1.2 L'environnement économique et démographique

L'immeuble-tour, supposé plus dense, a en théorie pour principale vocation de répondre à la croissance de la population ou de l'emploi en l'occurrence l'emploi tertiaire public et privé.

Figure 1 : Évolution de la population en RBC 1980-2060



1970	1.075.136	100,0%
1980	1.008.715	93,8%
1989	970.501	90,3%
1996	948.122	88,2%
2000	959.318	89,2%
2008	1.048.998	97,6%
2010*	1.072.063	99,7%
2020*	1.200.108	111,6%
2060*	1.327.652	123,5%

*Données après 2006 : Prévisions voir étude du Bureau fédéral du Plan (Perspectives 2007-2060).

Le tableau ci-dessus illustre le fait que la Région Bruxelles-Capitale a vu son nombre d'habitants diminuer pendant les années septante et quatre-vingt pour remonter progressivement depuis une quinzaine d'années, sans atteindre le niveau record de l'année 1970. L'urbanisation progressive de la périphérie explique ce phénomène.

D'après les prévisions du Bureau du Plan, la population de la RBC est par contre amenée à augmenter fortement au cours des prochaines années.

Les statistiques ci-après montrent que sur la période 1992-2004, l'évolution de l'emploi est reflétée assez fidèlement par l'activité immobilière donnée par le secteur public (+1.369/an en moyenne, soit +/- 40.000 m² par an).

Tableau 1 : Nombre de travailleurs et pertes d'emplois pour la Région Bruxelloise

	1992	Variations	2004
Administration publique	90.186	16.438	106.624
Commerce ³	82.053	-11.670	70.383
Services aux entreprises	78.019	6.796	84.815
Finance	67.063	-69	66.994
Industries (manufacturières et extractives)	53.321	-14.377	38.944
Total	370.642	-2.882	367.760

Source : CRISP, n°s 1948-1949, 2007, pp. 50 et 51

Quelles orientations peut-on tirer de ces chiffres ?

Sur le plan démographique, la principale interrogation porte sur la position de la Région de Bruxelles-Capitale vis-à-vis des prévisions 2008 de l'INS et du Bureau du Plan. Si ces prévisions sont acceptées, la production de logements dans la région devrait atteindre, compte non tenu de mesures d'attractivités supplémentaires, 6.000 logements neufs par an contre 2.500 à 3.000 actuellement.

Cette création de +/- 500.000 m² de logements par an correspond en logements neufs à :

- 25 ha/an avec un P/S de 2
- 15 ha par an avec un P/S de 3,33.
- ou 3,5 ha/an avec un P/S de 15.

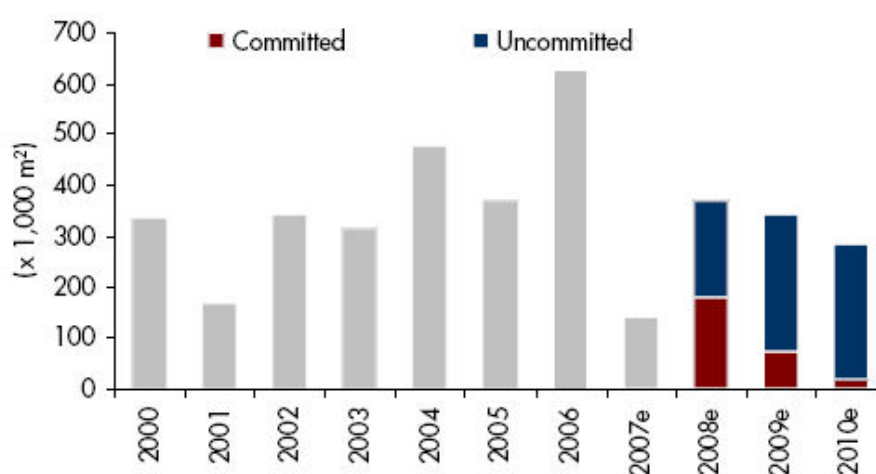
Cette production neuve ne prend pas en compte les demandes de transfert (amélioration ou modification de l'habitat) ni l'offre qui pourrait résulter de la transformation de bâtiments non résidentiels.

En ce qui concerne les bureaux, la société CBRE relève, début 2008, des chantiers et projets de bureaux pour 750.000m². La même analyse relève une évolution du loyer maximum payé pour une surface de bureau neuve (de 200 € à 300 €/m²/an en 8 ans) mais une baisse du loyer moyen obtenu, baisse faible en euros courants mais plus accentuée en monnaie constante (- 15%).

³ Ensemble des activités gros et détails.

Figure 2 : Projets de bureaux terminés (2000-2010)

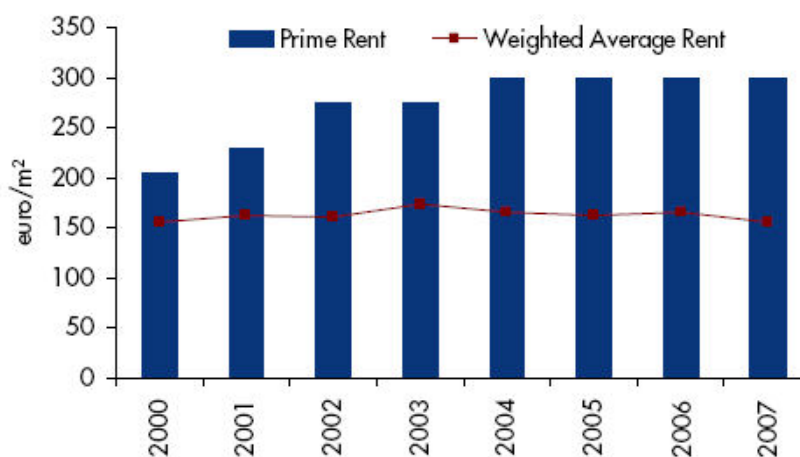
Office project completions (2000-2010^e)



Source: CB Richard Ellis

Figure 3 : Valeurs locatives (2000 - 3ème trim. 2007)

Rental values (2000 – Q3 2007)



Source: CB Richard Ellis

La Région de Bruxelles-Capitale a également réalisé en 2005-2006 une étude sur les besoins prospectifs et, notamment, sur la demande nette.

Il ressort assez clairement de l'ensemble de ces informations que la demande présente deux caractéristiques :

- i) en occupation, il s'agit d'une demande de remplacement et souvent de regroupement avec contraction des surfaces ;
- ii) en investissement, la demande n'est pas corrélée à l'occupation mais plutôt à des facteurs financiers et fiscaux relatifs au contexte économique.

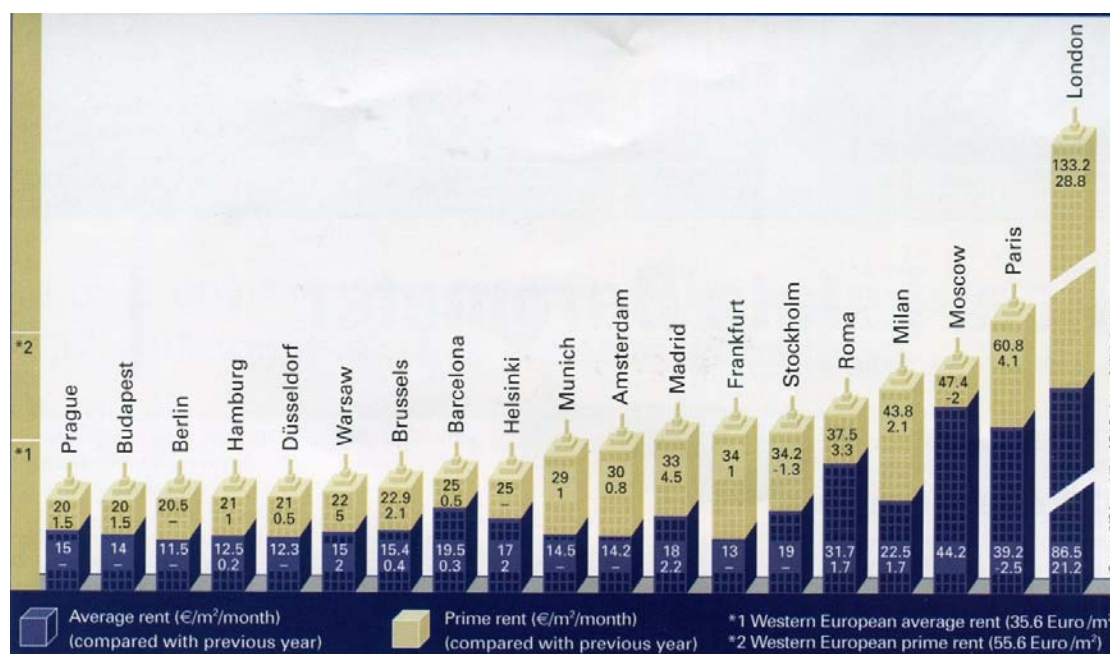
Dans la Région de Bruxelles-Capitale, le tassement de la demande nette se traduit par une stagnation du niveau des loyers ; le niveau des prix de vente évolue essentiellement en fonction des taux de capitalisation car les loyers évoluent peu.

Compte tenu du niveau actuel des loyers de bureaux, la motivation de la construction d'immeubles de bureaux neufs, et notamment d'immeubles tours, semble être :

- la vente d'investissements
- le regroupement d'organisations publiques ou privées.

Traditionnellement les valeurs locatives sont classées par localisation. Or, l'une des caractéristiques du marché bruxellois a été, depuis la formation du marché (1965), l'étroitesse de l'écart mini/maxi. Les comparaisons doivent être prises sous toutes réserves mais, sur base de données disponibles, l'écart serait de 1 à 2 à Bruxelles, de 1 à 4 à Paris, de 1 à 5 à Londres, et de 1 à 3 à New York (Source: ULI, Immostat).

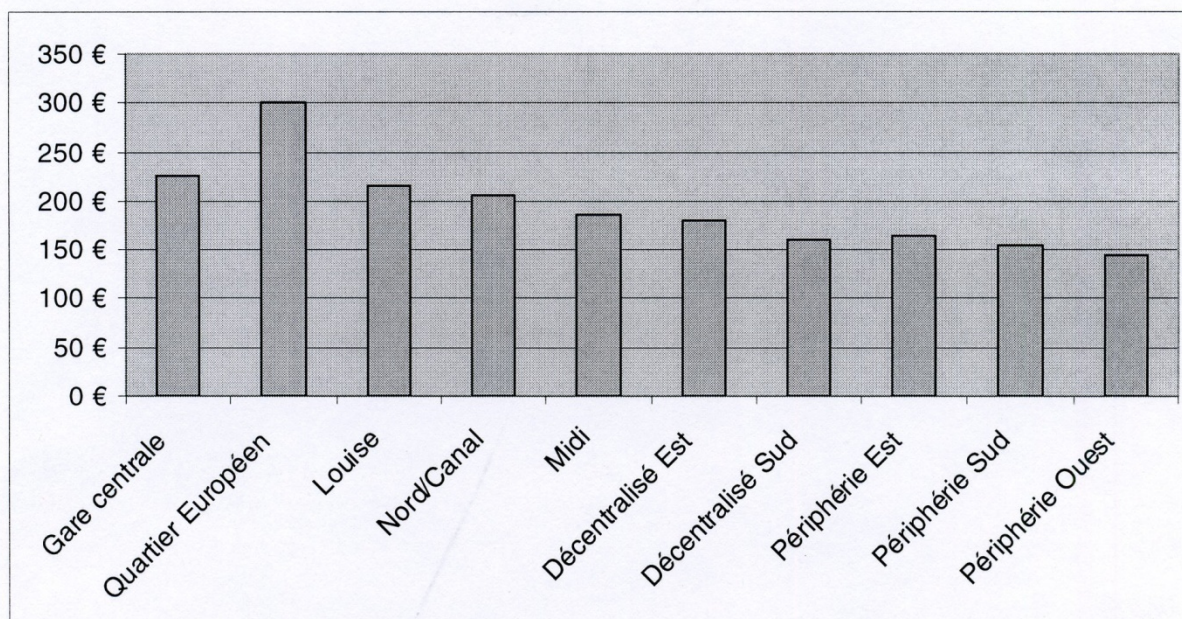
Figure 4 : valeurs locatives des bureaux en Europe



En bleu : loyer moyen/m²/mois

En beige : loyer maximum/m²/mois

Figure 5/1 : valeurs locatives des bureaux dans les différents quartiers de la Région de Bruxelles-Capitale et dans la périphérie



Source : CBRE 2008

Tableau 5/2 : valeurs locatives des bureaux en Europe et prise en occupation

	Loyer/m ² /€/an Prime	Moyen	Taux de vacance	Gros take-up (trimestre)
Londres	1998	1038	6,5	352.900
Frankfort	408	156	16,6	190.500
Berlin	246	138	9,3	285.000
Madrid	396	216	5,3	190.000
Paris	729,6	470	6,5	810.900
Bruxelles	275	185	9,6	259.400
Munich	348	174	9,4	198.000
Milan	525,6	180	10	56.300
Prague	240	180	7,9	56.000
Budapest	240	168	12,8	78.800
Varsovie	264	180	5,4	121.700

Source : Cushman & Wakefield, 2006

Or, les immeubles élevés, plus chers (voir en annexe la note sur le projet Roche⁴) sont généralement construits dans les localisations les plus chères (pas forcément les plus centrales, comme le montre l'exemple de la Défense en région parisienne) qui justifient les surcoûts.

⁴ Voir figure n°48bis.

Ces surcoûts sont assez réels. Aussi, bien que les chiffres définitifs ne soient pas connus, les loyers/m² de la « Tour des Finances » regroupant plusieurs administrations publiques, se situeraient, pour un bail de 33 ans, à plus de 300 €/m²/an soit une valeur actuelle nette, compte tenu de l'indexation, estimée à 2,5%, de 5.650 €/m², à comparer aux prix de vente de 2.500 à 4.000€/m² pour des immeubles de bureaux neufs ou rénovés.

Figure 6 : Exemples de surfaces transférées par la Régie des Bâtiments de l'État dans un immeuble élevé



© CLI

Adresse	Code postal	m ²
Boulevard d'Ypres, 41	1000	2885
Place Rouppe, 16	1000	7365
Rue Marché aux Poulets, 32-52	1000	10411
Rue Stevens, 7	1000	24174
Boulevard du Midi, 33	1000	5296
Cantersteen 47	1000	21348
Rue Charles Hanssens, 11-13	1000	
Avenue P.H. Spaak, 27-35	1060	5000
Rue Belliard, 45	1040	6910
Bld Brand Whitlock, 87-93	1200	6056
Bld Brand Whitlock, 114-116	1200	2670
Avenue des Cocinelles, 104A	1170	
Bld de Smet de Naeyer, 53	1090	
Rue du Duc, 100	1150	10457
Avenue Louise, 233-245	1050	23638
Bld de la Révision, 24	1070	
Bld de la Révision, 70	1070	
Avenue Carton de Wiart, 128	1090	5552
Chaussée de Wavre, 1682	1160	
Rue des Champs, 49-61	1040	
Rue de la Vierge Noire, 3c	1000	32400
Place Victor Horta, 40	1060	
Bld Simon Bolivar, 30	1000	78800
Rue de la Loi, 62	1040	
TOTAL		242962

Il s'agit ici d'un immeuble comportant de très grands plateaux (40m x 90m, soit 3.600m²), exploitables uniquement en bureaux paysagers. L'économie devrait être recherchée, non pas dans les postes immobiliers, mais dans les coûts globaux de fonctionnement (cfr Étude logement, CBRE).

2 Examen des principaux critères de décision

2.1 Calcul d'incidence du prix des terrains sur le prix des opérations immobilières en fonction du programme et du nombre d'étages

2.1.1 La rente foncière

La notion de définition d'un territoire a ordinairement pour effet d'influencer les valeurs selon que l'on est dans ou hors du périmètre. Ce mécanisme a été patent à la Défense, dans la City de Londres, à Wall Street (New York), dans le VIII^{ème} arrondissement à Paris. Depuis une vingtaine d'années, nous estimons (Christian Lasserre, The Brussels Office Market, RICS, 1984) que ce facteur n'est plus aussi déterminant s'il repose uniquement sur un critère de localisation.

L'ancien adage « location, location ... » selon nous erronément généralisé à tous les quartiers de bureaux, se compose ou se composait de plusieurs facteurs :

- l'adresse
- les communications, en ce compris les zones postales et téléphoniques
- la concentration
- les proximités
- l'homogénéité d'une image dominante

Malgré les primes apportées par les vues (Tour Eiffel) et espaces verts (Berkeley Square dans le West End à Londres, Square Frère Orban à Bruxelles⁵), les critères d'environnement jouaient assez peu et la Place Vendôme sur cour arrière restait quand même la Place Vendôme.

L'importance du facteur de proximité, historiquement développé dans les quartiers financiers (proximité des bourses et banques centrales), puis professionnels (Fleet Street, rue Réaumur, Bd Jacqmain) évolue et, selon nous, change de nature : communications verbales « face to face » et transport de documents sont complétés par des outils technologiques. En conséquence, dans les marchés de bureaux en phase de maturité :

- l'adresse n'est plus essentielle
- dans les grandes organisations, le regroupement interne se substitue aux voisinages
- l'immeuble peut garder son caractère iconique et l'usage du nom de l'immeuble tend même à supplanter celui de l'entreprise (plus évolutif)
- l'une des conséquences est le ralentissement de la croissance des valeurs du fait du déclin des rentes de situation
- des formes alternatives (Los Angeles, Seattle, Silicon Valley, Bangalore) se développent (A.L. Saxenian, 1998)

Ces facteurs subsistent cependant pour les petits occupants (étude Allianz sur les immeubles élevés).

⁵ Papadopoulos, 1992

De même, dans les marchés émergents (Moscou par exemple) et dans les très grandes agglomérations (Londres, Tokyo), la rente de situation subsiste sous forme de rente de raréfaction, de centralité et de proximité.

Cette modification de la rente foncière intervient cependant à un moment où les limites techniques de la construction en hauteur semblent sans cesse repoussées, créant de nouvelles possibilités qui sont complétées par l'extension foncière des remblais maritimes.

2.1.2 Impact des mécanismes financiers et des structures économiques

Y a-t-il des mécanismes spécifiques de fixation des prix des bureaux et logements en relation avec les gabarits des immeubles ?

Tableau 3 : Impact des mécanismes financiers et des structures économiques sur les gabarits et densités dans la Région de Bruxelles-Capitale

1.	Charges d'urbanisme	1) En principe sont neutres sur le plan régional car la construction des tours ne devrait pas accroître la demande nette en bureaux 2) Par contre, il peut y avoir une croissance de la demande brute si regroupement
2.	Précompte	En principe neutre
3.	Taxes bureaux	En principe neutre sauf modulation
4.	Loyers	En principe neutre sur le marché du neuf, peu élastique
5.	Coûts fonctionnement	En principe en hausse pour les utilisateurs
6.	Rendement	En principe hausse proportionnelle à la taille
7.	Prix de vente	En principe neutre (sauf densification de localisations exceptionnelles) sauf effet « vue »
8.	Evolution dans le temps/durée de vie	Vu taille et complexité, quasi obligation de durée de vie plus longue

La figure 7 ci-dessous indique la variation du différentiel de prix en fonction de la vue et des étages. Cette étude a été réalisée à Hong Kong, ville qui offre le plus grand échantillon de prix de vente d'appartements situés dans des immeubles-tours et, même s'il n'est pas totalement transférable à la situation bruxelloise, il donne cependant des orientations. Cette étude concerne des immeubles de 65 niveaux et montre que c'est à mi-hauteur que les valeurs « décollent ». A partir de ce niveau, le différentiel reste stable, sauf lorsqu'intervient le facteur vue, nettement plus déterminant que la hauteur.

Une conclusion pourrait en être que l'intérêt de la tour serait d'offrir des appartements avec vue à un beaucoup plus grand nombre d'occupants.

Figure 7 : Relation entre prix marginaux, vues et étages

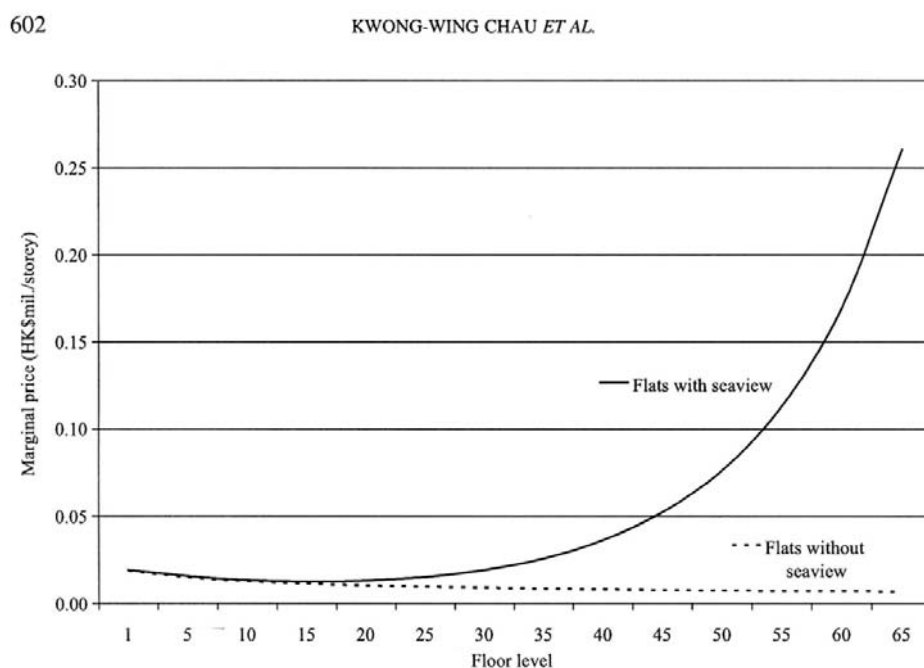


Figure 2. The relationship between marginal prices, views and floor level.

Source: 2007 Urban Studies Journal Ltd

La figure 8 ci-après de Kwong-Wing Chau étudie également le nombre d'étages idéal compte tenu des coûts qui, eux aussi, s'envolent à mi-hauteur (en fait à partir du 25^{ème} étage dans le cadre étudié). Les simulations sont faites entre 40 et 75 niveaux, la hauteur la plus courante étant de 56 niveaux. A la date de l'étude celle-ci aboutissait à un optimum économique de 65 niveaux pour les immeubles avec vue sur mer, l'optimum restant à 56 en l'absence de facteur vue.

Figure 8 : Hauteur optimale

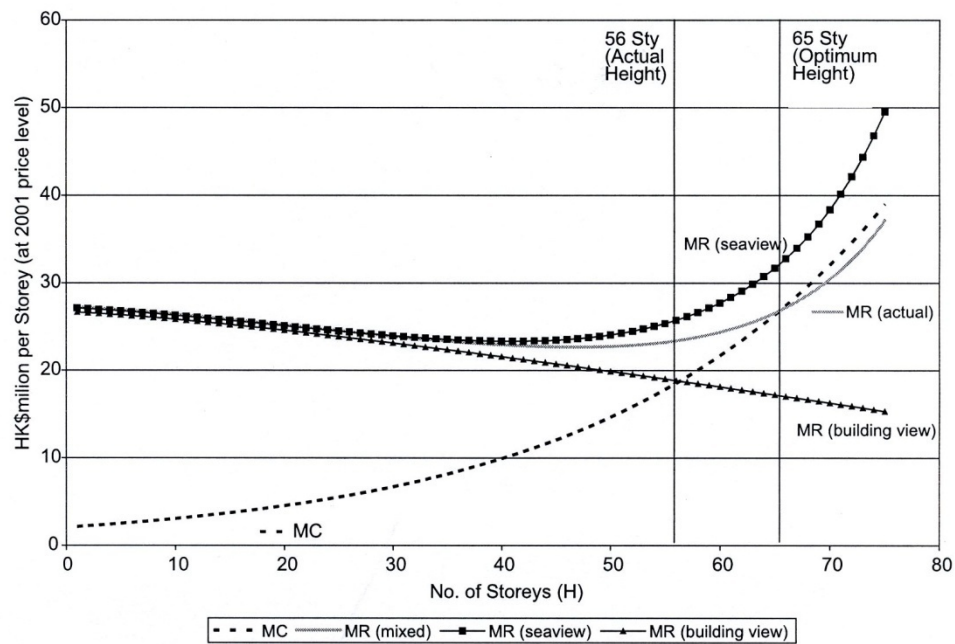


Figure 3. Optimal building height.

- M Revenue
- M Cost

Source: 2007 Urban Studies Journal Ltd

Enfin, la figure 9 de l'étude souligne la variation entre la surface bâtie au sol (footprint) et le différentiel de prix en fonction du nombre de niveaux (jusqu'à 60).

Figure 9 : Relation entre coût marginal, empreinte au sol et hauteur

598

KWONG-WING CHAU ET AL.

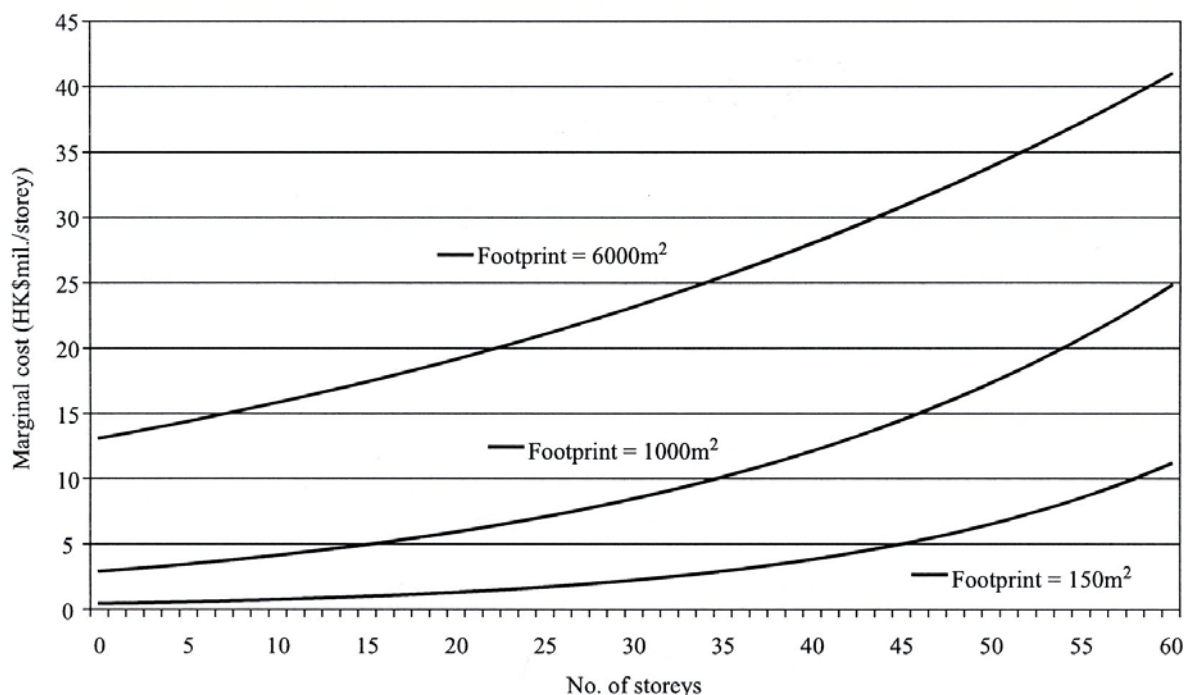


Figure 1. The relationship between marginal cost, footprint area and building height.

Ce tableau illustre, comme d'autres calculs, la corrélation entre la hauteur et la taille des plateaux (emprise bâtie au sol), le coût marginal augmentant rapidement à partir de 35 à 45 étages.

Un autre élément est le rapport net-brut. Les calculs ci-après comparent un immeuble moyen (R+7 ou 8) de trois appartements par plateau avec le même immeuble mais en gabarit plus élevé, permettant de diviser l'incidence foncière par deux.

La notion de surcoût unitaire des immeubles élevés (Kingston & Clarck, 1930, Carol Willis, 1995) est donc une réalité. Pour Carol Willis qui analyse les règlements de zonage nord américain (New York, Chicago), ces surcoûts se compensent notamment en taille des étages tendant à occuper en profondeur toute la parcelle bâtie.

Le calcul de ces surcoûts est aussi lié au mode de mesurage, lequel varie selon les pays et les affectations (Code of measuring practice, RICS, plusieurs éditions, rics.org). Dans certains cas, le code peut reprendre des normes obligatoires ; dans d'autres, il s'agit de mesures usuelles ou conventionnelles. L'exemple ci-après est adapté aux méthodes généralement pratiquées en Belgique dans le secteur de l'habitation (marché résidentiel). Il traduit, en prix, l'impact des surfaces non occupables (voir Chapitre 5) dans un projet situé à Bruxelles,

le but étant de calculer l'impact sur les prix de vente d'une augmentation de densité permettant de diviser par deux la charge foncière.

Projet d'appartements dans des immeubles élevés : comparaison entre immeubles moyens et élevés

1. Immeuble de hauteur moyenne

- surface brute :	384 m ²			
- noyau :	32 m ²			
- appartements	1 chambre	64 m ² x 1	=	64 m ²
	2 chambres	84 m ² x 2	=	168 m ²
	3 chambres	120 m ² x 1	=	120 m ²

		TOTAL		352 m ²

2. Immeuble élevé

- surface brute :	400 m ²			
- noyau :	48 m ²			
- appartements	1 chambre	64 m ² x 1	=	64 m ²
	2 chambres	84 m ² x 2	=	168 m ²
	3 chambres	120 m ² x 1	=	120 m ²

		TOTAL		352 m ²

3. Ratios

	Immeuble moyen	Immeuble haut
% Net/brut	92 %	88 %
% communs/privatifs	91 %	13,65 %

4. Tableaux de comparaison

L'hypothèse est que l'immeuble élevé demande 6 mois de chantier en plus et que le coût/m² hors sol d'entreprise est supérieur de 15% sur les surfaces brutes et donc de 20% au total compte tenu du rapport net-brut différent.

Hypothèse 1 : prix de vente/m² = 1.800 €

	Immeuble moyen	Immeuble haut
1. Terrain	200,00 €	100,00 €
2. FF sur terrain		
- 2 ans	20,50 €	
- 2,5 ans		26,00 €
3. Construction	981,00 €	1.176,00 €
4. Honoraires	100,00 €	100,00 ⁶ €
5. Divers	50,00 €	50,00 €
6. FF sur construction		
- 2 ans : 2	57,00 €	
- 2,5 ans : 2		71,00 €
7. Agence	60,00 €	60,00 €
8. Prix de revient	1.468,50 €	1.583,00 €
9. Marge	331.50 €	217,00 €
Prix de vente	1.800,00 €	1.800,00 €
Marge totale :		
- 2.816 m²	933.504,00 €	
- 5.632 m²		1.222.144,00 €
Différence		288.640,00 €

Remarque : en cas de dépression du marché à 1.500 €, l'immeuble moyen reste bénéficiaire de 88.704 €, alors que l'immeuble haut est déficitaire de 467.456 €.

⁶ Pourraient être réduits

Hypothèse 2 : Prix de vente/m² = 2.000 €

	Immeuble moyen	Immeuble haut
1. Terrain	400,00 €	200,00 €
2. FF sur terrain		
- 2 ans	41,00 €	
- 2,5 ans		52,00 €
3. Construction	981,00 €	1.176,00 €
4. Honoraires	100,00 €	100,00 ⁷ €
5. Divers	50,00 €	50,00 €
6. FF sur construction		
- 2 ans : 2	57,00 €	
- 2,5 ans : 2		71,00 €
7. Agence	60,00 €	60,00 €
8. Prix de revient	1.689,00 €	1.709,00 €
9. Marge	311,00 €	291,00 €
Prix de vente	2.000,00 €	2.000,00 €
Marge totale :		
- 2.816 m ²	875.776,00 €	
- 5.632 m ²		1.638.912,00 €
Différence		763.136,00 €

COMMENTAIRES :

Assez logiquement, l'intérêt croît avec le prix du terrain. La clé, qui est le but de l'exercice, réside dans le calcul exact des coûts de construction, l'hypothèse provisoire étant un surcoût de 20% de la tour (prix/m² plus communs d'étage plus importants).

Une étude de cas approfondie a été réalisée par la société de promotion JM Construction pour un terrain situé à Bruxelles. Le problème posé était de réduire l'emprise au sol d'un immeuble de logements et de récupérer en hauteur les surfaces perdues. Les études menées par JM Construction ont amené à la conclusion qu'il fallait (dans ce cas qui est néanmoins exemplatif) passer de 7 à 30 étages pour arriver au même bilan financier, les niveaux intermédiaires ne permettant pas d'amortir les surcoûts (cfr infra).

⁷ Pourraient être réduits

L'une des questions qui se pose est également l'évolution des immeubles avec le temps. L'on admet que l'élément qui vieillit le moins est le terrain, et c'est ce qui explique les meilleures performances à long terme des immeubles commerciaux (classiques, hors shopping malls).

Ensuite vient le gros-œuvre qui peut durer plus de 50 ans (voir tableaux pp 240 à 248 dans Hendrickx P., Perret J., « *Gestion technique de l'immobilier d'entreprise* », Eyrolles, 2003).

Ce sont les techniques qui vieillissent le plus tant matériellement que technologiquement. Or, c'est dans les tours qu'elles représentent la plus forte proportion. On en revient alors à l'effet emblématique. C'est celui-ci qui motive souvent la constitution de nouvelles tours (cfr urbanisation de Dubaï). Cet effet emblématique perdure-t-il ?

Actuellement, il semble bien que non : si c'est la hauteur qui crée l'événement, un tel impact est de plus en plus éphémère.

La plus-value ne compense l'obsolescence que lorsqu'il y a des limites physiques en terrains (Monaco) mais aussi des difficultés à compenser en hauteur les limites territoriales. Aussi, la course à la hauteur est de plus en plus forte à Hong Kong (peu de limites de densités, création de terrains artificiels) qu'encore à Monaco où même si les reclaims (terrains artificiels) existent, la Méditerranée est quand même plus petite que le Pacifique.

Tableau 4

	R+7	R+30
Part terrain	18%	14%
Techniques	16%	23%
Gros-œuvre	21%	23%
Finitions	16%	16%
Autres frais	29%	24%

Tableau 4 A - DUREE DE VIE ESTIMEE DES COMPOSANTS (1)

	MOYENNE (années)
1. Structure	
- poteaux	> 50
- dallage	> 20
- plancher	> 50
- balcons	50
2. Façades	
- mur rideau	15 - 45
- maçonnerie	50 - 100
- béton brut	60 - 100
- béton revêtu	35 - 60
- peinture	8 - 15
3. Menuiseries	
- bois	25 - 45
- acier	25 - 50
- alu	20 - 40
- PVC	25 - 45
- inox	25 - 45
- verre armé	35 - 80
4. Finitions intérieures	7 - 40
5. Techniques	
- tuyauteries	25 - 35
- groupe électro pompe	15 - 20
- adoucisseurs d'eau	8 - 10
- régulateur	10 - 20
- chaudière :	
. <i>gaz-mazout</i>	10 - 30
. <i>électrique</i>	30 - 40
- ventilo convecteur	10 - 20
- plancher chauffant	30 - 45
- climatisation :	
. <i>bloc individuel</i>	10 - 20
. <i>groupe frigo</i>	15 - 20
. <i>diffuseur</i>	15 - 25
- sanitaire :	
. <i>équipements</i>	20 - 50
. <i>robinetterie</i>	10 - 15
- électricité	
. <i>groupe électrogène</i>	15 - 20

. réseaux	20 - 60
. éclairage	8 - 20

Source: "Gestion technique de l'immobilier d'entreprise", Pascal Hendrickx, Jean Perret, 2003

2.2 Tableaux des coûts en fonction du type et de la hauteur des immeubles

Afin de mieux cerner la hauteur « optimale », nous avons effectué plusieurs simulations portant sur des immeubles de bureaux et de logements de 7, 15, 22, 30 et 40 étages (plus rez), la question des immeubles mixtes étant examinée par ailleurs.

Ces calculs reposent sur des hypothèses de coûts de construction, rapport net/brut et durée de chantier repris ci-dessous. Pour calculer le taux de rendement, les loyers ont été calculés uniformément à 165€/m²/an pour les bureaux, et à 125€/m²/an pour les logements, la différenciation des prix de vente en fonction de la hauteur étant également examinée ci-après :

BUREAUX					
1500 m² par plateau 165 €/m²/an (loyer)					
R+	Coût de construction/m²	Durée de chantier	Rapport net/brut	Surfaces nettes	Prix
7	€ 1.200,00	20	98%	1470	12.600.000
	surface brute	10.500,00 m ²			
	surface nette	10.290,00 m ²			
	imputation terrain	600,00 €			
	prix terrain	6.174.000,00			
15	€ 1.300,00	24	97%	1455	29.250.000
	surface brute	22.500,00 m ²			
	surface nette	21.825,00 m ²			
	imputation terrain	282,89 €			
22	€ 1.400,00	28	95%	1425	46.200.000
	surface brute	33.000,00 m ²			
	surface nette	31.350,00 m ²			
	imputation terrain	196,94 €			
30	€ 1.500,00	30	92%	1380	67.500.000
	surface brute	45.000,00 m ²			
	surface nette	41.400,00 m ²			
	imputation terrain	149,13 €			

LOGEMENTS**650 m² par plateau 125 €/m²/an (loyer)**

R+	Coût de construction/m²	Durée de chantier	Rapport net/brut	Surfaces nettes	Prix
7	€ 1.100,00	20	90%	585	5.005.000
	surface brute	4.550,00 m²			
	surface nette	4.095,00 m²			
	imputation terrain	300,00 €			
	prix terrain	1.228.500,00			
15	€ 1.150,00	24	90%	585	11.212.500
	surface brute	9.750,00 m²			
	surface nette	8.775,00 m²			
	imputation terrain	140,00 €			
22	€ 1.250,00	28	85%	552,5	17.875.000
	surface brute	14.300,00 m²			
	surface nette	12.155,00 m²			
	imputation terrain	101,07 €			
30	€ 1.500,00	30	85%	552,5	29.250.000
	surface brute	19.500,00 m²			
	surface nette	16.575,00 m²			
	imputation terrain	74,12 €			

	Bâtiment de Bureaux R+7		€/m ²
A.	TERRAIN		
1	Achat terrain - imputation		600,00
2	Démolitions	inclus	
3	Parties communes	inclus	
4	Divers achats	inclus	
5	Voiries / abords	inclus	
6	Viabilisation / mobilité	inclus	
7	Préparation	inclus	
8	Indemnités (libération)	-	
9	Droits et frais de notaires (13,5%)	inclus	
10	Frais financiers (5% sur 20 mois) sur 1+9	inclus	
11	Taxes et impôts terrain	inclus	
12	Charges patrimoine/architecture	inclus	
	SOUS TOTAL		600,00
B.	TRAVAUX		
1	Coûts de construction		1.200,00
2	Honoraires	15,00%	180,00
3	Hausse des coûts (indexation)	2,00%	36,23
4	Taxes, assurances & imprévus (sur 20 mois)	3,00%	69,00
5	TVA (sur 1-2-3)	21,00%	297,41
6	Frais financiers (5% sur 20 mois)	2,50%	74,28
	SOUS TOTAL		1.856,91
C.	FRAIS de COMMERCIALISATION	3,00%	36,00
	3% du prix de vente		
D.	COÛT du VIDE LOCATIF (+/- 9 mois)		123,75
	de 6 à 12 mois d'inoccupation progressive		
E.	CHARGES URBANISME		150,00
	SOUS TOTAL		2.766,66
	Loyer à un rendement initial de 6,5%	6,50%	179,83
	Part du terrain		21,69%
	Taux de Rendement Interne (TRI)		
F.	MARGE	20,00%	553,33
G.	TOTAL		3.319,99
	Loyer à un rendement initial de 6,5%	6,50%	215,80
	Part du terrain		18,07%

	Bâtiment de bureaux R+15		€/m ²
A.	TERRAIN		
1	Achat terrain - imputation		282,89
2	Démolitions	inclus	
3	Parties communes	inclus	
4	Divers achats	inclus	
5	Voiries / abords	inclus	
6	Viabilisation / mobilité	inclus	
7	Préparation	inclus	
8	Indemnités (libération)	-	
9	Droits et frais de notaires (13,5%)	inclus	
10	Frais financiers (5% sur 24 mois) sur 1+9	inclus	
11	Taxes et impôts terrain	inclus	
12	Charges patrimoine/architecture	inclus	
	SOUS TOTAL		282,89
B.	TRAVAUX		
1	Coûts de construction		1.300,00
2	Honoraires	15,00%	195,00
3	Hausse des coûts (indexation)	2,00%	39,43
4	Taxes, assurances & imprévus (sur 24 mois)	3,00%	82,23
5	TVA (sur 1-2-3)	21,00%	322,23
6	Frais financiers (5% sur 24 mois)	2,50%	96,94
	SOUS TOTAL		2.035,83
C.	FRAIS de COMMERCIALISATION	3,00%	39,00
	3% du prix de vente		
D.	COÛT du VIDE LOCATIF (+/- 9 mois)		123,75
	de 6 à 12 mois d'inoccupation progressive		
E.	CHARGES URBANISME		150,00
	SOUS TOTAL		2.631,47
	Loyer à un rendement initial de 6,5%	6,50%	171,05
	Part du terrain		10,75%
	Taux de Rendement Interne (TRI)		
F.	MARGE	20,00%	526,29
G.	TOTAL		3.157,76
	Loyer à un rendement initial de 6,5%	6,50%	205,25
	Part du terrain		8,96%

	Bâtiment de bureaux R+22		€/m ²
A.	TERRAIN		
1	Achat terrain - imputation		196,94
2	Démolitions	inclus	
3	Parties communes	inclus	
4	Divers achats	inclus	
5	Voiries / abords	inclus	
6	Viabilisation / mobilité	inclus	
7	Préparation	inclus	
8	Indemnités (libération)	-	
9	Droits et frais de notaires (13,5%)	inclus	
10	Frais financiers (5% sur 28 mois) sur 1+9	inclus	
11	Taxes et impôts terrain	inclus	
12	Charges patrimoine/architecture	inclus	
	SOUS TOTAL		196,94
B.	TRAVAUX		
1	Coûts de construction		1.400,00
2	Honoraires	15,00%	210,00
3	Hausse des coûts (indexation)	2,00%	43,07
4	Taxes, assurances & imprévus (sur 28 mois)	3,00%	112,70
5	TVA (sur 1-2-3)	21,00%	347,14
6	Frais financiers (5% sur 28 mois)	2,50%	123,25
	SOUS TOTAL		2.236,16
C.	FRAIS de COMMERCIALISATION	3,00%	42,00
	3% du prix de vente		
D.	COÛT du VIDE LOCATIF (+/- 9 mois)		123,75
	de 6 à 12 mois d'inoccupation progressive		
E.	CHARGES URBANISME		150,00
	SOUS TOTAL		2.748,85
	Loyer à un rendement initial de 6,5%	6,50%	178,68
	Part du terrain		7,16%
	Taux de Rendement Interne (TRI)		
F.	MARGE RISQUE	20,00%	549,77
G.	TOTAL		3.298,62
	Loyer à un rendement initial de 6,5%	6,50%	214,41
	Part du terrain		5,97%

	Bâtiment de bureaux R+30		€/m ²
A.	TERRAIN		
1	Achat terrain - imputation		149,13
2	Démolitions	inclus	
3	Parties communes	inclus	
4	Divers achats	inclus	
5	Voiries / abords	inclus	
6	Viabilisation / mobilité	inclus	
7	Préparation	inclus	
8	Indemnités (libération)	-	
9	Droits et frais de notaires (13,5%)	inclus	
10	Frais financiers (5% sur 30 mois) sur 1+9	inclus	
11	Taxes et impôts terrain	inclus	
12	Charges patrimoine/architecture	inclus	
	SOUS TOTAL		149,13
B.	TRAVAUX		
1	Coûts de construction		1.500,00
2	Honoraires	15,00%	225,00
3	Hausse des coûts (indexation)	2,00%	46,36
4	Taxes, assurances & imprévus (sur 30 mois)	3,00%	129,38
5	TVA (sur 1-2-3)	21,00%	371,99
6	Frais financiers (5% sur 30 mois)	2,50%	142,04
	SOUS TOTAL		2.414,76
C.	FRAIS de COMMERCIALISATION	3,00%	45,00
	3% du prix de vente		
D.	COÛT du VIDE LOCATIF (+/- 9 mois)		123,75
	de 6 à 12 mois d'inoccupation progressive		
E.	CHARGES URBANISME		150,00
	SOUS TOTAL		2.882,65
	Loyer à un rendement initial de 6,5%	6,50%	187,37
	Part du terrain		5,17%
	Taux de Rendement Interne (TRI)		
F.	MARGE	20,00%	576,53
G.	TOTAL		3.459,17
	Loyer à un rendement initial de 6,5%	6,50%	224,85
	Part du terrain		4,31%

	Bâtiment de Bureaux R+7		€/m ²
A.	TERRAIN		
1	Achat terrain - imputation		1.200,00
2	Démolitions	inclus	
3	Parties communes	inclus	
4	Divers achats	inclus	
5	Voiries / abords	inclus	
6	Viabilisation / mobilité	inclus	
7	Préparation	inclus	
8	Indemnités (libération)	-	
9	Droits et frais de notaires (13,5%)	inclus	
10	Frais financiers (5% sur 20 mois) sur 1+9	inclus	
11	Taxes et impôts terrain	inclus	
12	Charges patrimoine/architecture	inclus	
	SOUS TOTAL		1.200,00
B.	TRAVAUX		
1	Coûts de construction		1.200,00
2	Honoraires	15,00%	180,00
3	Hausse des coûts (indexation)	2,00%	36,23
4	Taxes, assurances & imprévus (sur 20 mois)	3,00%	69,00
5	TVA (sur 1-2-3)	21,00%	297,41
6	Frais financiers (5% sur 20 mois)	2,50%	74,28
	SOUS TOTAL		1.856,91
C.	FRAIS de COMMERCIALISATION	3,00%	36,00
	3% du prix de vente		
D.	COÛT du VIDE LOCATIF (+/- 9 mois)		123,75
	de 6 à 12 mois d'inoccupation progressive		
E.	CHARGES URBANISME		150,00
	SOUS TOTAL		3.366,66
	Loyer à un rendement initial de 6,5%	6,50%	218,83
	Part du terrain		35,64%
	Taux de Rendement Interne (TRI)		
F.	MARGE	20,00%	673,33
G.	TOTAL		4.039,99
	Loyer à un rendement initial de 6,5%	6,50%	262,60
	Part du terrain		29,70%

	Bâtiment de bureaux R+15		€/m²
A.	TERRAIN		
1	Achat terrain - imputation		565,78
2	Démolitions	inclus	
3	Parties communes	inclus	
4	Divers achats	inclus	
5	Voiries / abords	inclus	
6	Viabilisation / mobilité	inclus	
7	Préparation	inclus	
8	Indemnités (libération)	-	
9	Droits et frais de notaires (13,5%)	inclus	
10	Frais financiers (5% sur 24 mois) sur 1+9	inclus	
11	Taxes et impôts terrain	inclus	
12	Charges patrimoine/architecture	inclus	
	SOUS TOTAL		565,78
B.	TRAVAUX		
1	Coûts de construction		1.300,00
2	Honoraires	15,00%	195,00
3	Hausse des coûts (indexation)	2,00%	39,43
4	Taxes, assurances & imprévus (sur 24 mois)	3,00%	82,23
5	TVA (sur 1-2-3)	21,00%	322,23
6	Frais financiers (5% sur 24 mois)	2,50%	96,94
	SOUS TOTAL		2.035,83
C.	FRAIS de COMMERCIALISATION	3,00%	39,00
	3% du prix de vente		
D.	COÛT du VIDE LOCATIF (+/- 9 mois)		123,75
	de 6 à 12 mois d'inoccupation progressive		
E.	CHARGES URBANISME		150,00
	SOUS TOTAL		2.914,36
	Loyer à un rendement initial de 6,5%	6,50%	189,43
	Part du terrain		19,41%
	Taux de Rendement Interne (TRI)		
F.	MARGE	20,00%	582,87
G.	TOTAL		3.497,23
	Loyer à un rendement initial de 6,5%	6,50%	227,32

	Bâtiment de Bureaux R+7		€/m ²
A.	TERRAIN		
1	Achat terrain - imputation		1.200,00
2	Démolitions	inclus	
3	Parties communes	inclus	
4	Divers achats	inclus	
5	Voiries / abords	inclus	
6	Viabilisation / mobilité	inclus	
7	Préparation	inclus	
8	Indemnités (libération)	-	
9	Droits et frais de notaires (13,5%)	inclus	
10	Frais financiers (5% sur 20 mois) sur 1+9	inclus	
11	Taxes et impôts terrain	inclus	
12	Charges patrimoine/architecture	inclus	
	SOUS TOTAL		1.200,00
B.	TRAVAUX		
1	Coûts de construction		1.200,00
2	Honoraires	15,00%	180,00
3	Hausse des coûts (indexation)	2,00%	36,23
4	Taxes, assurances & imprévus (sur 20 mois)	3,00%	69,00
5	TVA (sur 1-2-3)	21,00%	297,41
6	Frais financiers (5% sur 20 mois)	2,50%	74,28
	SOUS TOTAL		1.856,91
C.	FRAIS de COMMERCIALISATION	3,00%	36,00
	3% du prix de vente		
D.	COÛT du VIDE LOCATIF (+/- 9 mois)		123,75
	de 6 à 12 mois d'inoccupation progressive		
E.	CHARGES URBANISME		150,00
	SOUS TOTAL		3.366,66
	Loyer à un rendement initial de 6,5%	6,50%	218,83
	Part du terrain		35,64%
	Taux de Rendement Interne (TRI)		
F.	MARGE	20,00%	673,33
G.	TOTAL		4.039,99
	Loyer à un rendement initial de 6,5%	6,50%	262,60
	Part du terrain		29,70%

	Bâtiment de bureaux R+22		€/m ²
A.	TERRAIN		
1	Achat terrain - imputation		393,88
2	Démolitions	inclus	
3	Parties communes	inclus	
4	Divers achats	inclus	
5	Voiries / abords	inclus	
6	Viabilisation / mobilité	inclus	
7	Préparation	inclus	
8	Indemnités (libération)	-	
9	Droits et frais de notaires (13,5%)	inclus	
10	Frais financiers (5% sur 28 mois) sur 1+9	inclus	
11	Taxes et impôts terrain	inclus	
12	Charges patrimoine/architecture	inclus	
	SOUS TOTAL		393,88
B.	TRAVAUX		
1	Coûts de construction		1.400,00
2	Honoraires	15,00%	210,00
3	Hausse des coûts (indexation)	2,00%	43,07
4	Taxes, assurances & imprévus (sur 28 mois)	3,00%	112,70
5	TVA (sur 1-2-3)	21,00%	347,14
6	Frais financiers (5% sur 28 mois)	2,50%	123,25
	SOUS TOTAL		2.236,16
C.	FRAIS de COMMERCIALISATION	3,00%	42,00
	3% du prix de vente		
D.	COÛT du VIDE LOCATIF (+/- 9 mois)		123,75
	de 6 à 12 mois d'inoccupation progressive		
E.	CHARGES URBANISME		150,00
	SOUS TOTAL		2.945,79
	Loyer à un rendement initial de 6,5%	6,50%	191,48
	Part du terrain		13,37%
	Taux de Rendement Interne (TRI)		
F.	MARGE RISQUE	20,00%	589,16
G.	TOTAL		3.534,95
	Loyer à un rendement initial de 6,5%	6,50%	229,77
	Part du terrain		11,14%

	Bâtiment de bureaux R+30		€/m ²
A.	TERRAIN		
1	Achat terrain - imputation		298,26
2	Démolitions	inclus	
3	Parties communes	inclus	
4	Divers achats	inclus	
5	Voiries / abords	inclus	
6	Viabilisation / mobilité	inclus	
7	Préparation	inclus	
8	Indemnités (libération)	-	
9	Droits et frais de notaires (13,5%)	inclus	
10	Frais financiers (5% sur 30 mois) sur 1+9	inclus	
11	Taxes et impôts terrain	inclus	
12	Charges patrimoine/architecture	inclus	
	SOUS TOTAL		298,26
B.	TRAVAUX		
1	Coûts de construction		1.500,00
2	Honoraires	15,00%	225,00
3	Hausse des coûts (indexation)	2,00%	46,36
4	Taxes, assurances & imprévus (sur 30 mois)	3,00%	129,38
5	TVA (sur 1-2-3)	21,00%	371,99
6	Frais financiers (5% sur 30 mois)	2,50%	142,04
	SOUS TOTAL		2.414,76
C.	FRAIS de COMMERCIALISATION	3,00%	45,00
	3% du prix de vente		
D.	COÛT du VIDE LOCATIF (+/- 9 mois)		123,75
	de 6 à 12 mois d'inoccupation progressive		
E.	CHARGES URBANISME		150,00
	SOUS TOTAL		3.031,77
	Loyer à un rendement initial de 6,5%	6,50%	197,07
	Part du terrain		9,84%
	Taux de Rendement Interne (TRI)		
F.	MARGE	20,00%	606,35
G.	TOTAL		3.638,13
	Loyer à un rendement initial de 6,5%	6,50%	236,48
	Part du terrain		8,20%

	Bâtiment de Bureaux R+7		€/m ²
A.	TERRAIN		
1	Achat terrain - imputation		2.400,00
2	Démolitions	inclus	
3	Parties communes	inclus	
4	Divers achats	inclus	
5	Voiries / abords	inclus	
6	Viabilisation / mobilité	inclus	
7	Préparation	inclus	
8	Indemnités (libération)	-	
9	Droits et frais de notaires (13,5%)	inclus	
10	Frais financiers (5% sur 20 mois) sur 1+9	inclus	
11	Taxes et impôts terrain	inclus	
12	Charges patrimoine/architecture	inclus	
	SOUS TOTAL		2.400,00
B.	TRAVAUX		
1	Coûts de construction		1.200,00
2	Honoraires	15,00%	180,00
3	Hausse des coûts (indexation)	2,00%	36,23
4	Taxes, assurances & imprévus (sur 20 mois)	3,00%	69,00
5	TVA (sur 1-2-3)	21,00%	297,41
6	Frais financiers (5% sur 20 mois)	2,50%	74,28
	SOUS TOTAL		1.856,91
C.	FRAIS de COMMERCIALISATION	3,00%	36,00
	3% du prix de vente		
D.	COÛT du VIDE LOCATIF (+/- 9 mois)		123,75
	de 6 à 12 mois d'inoccupation progressive		
E.	CHARGES URBANISME		150,00
	SOUS TOTAL		4.566,66
	Loyer à un rendement initial de 6,5%	6,50%	296,83
	Part du terrain		52,55%
	Taux de Rendement Interne (TRI)		
F.	MARGE	20,00%	913,33
G.	TOTAL		5.479,99
	Loyer à un rendement initial de 6,5%	6,50%	356,20
	Part du terrain		43,80%

	Bâtiment de bureaux R+15		€/m ²
A.	TERRAIN		
1	Achat terrain - imputation		1.131,56
2	Démolitions	inclus	
3	Parties communes	inclus	
4	Divers achats	inclus	
5	Voiries / abords	inclus	
6	Viabilisation / mobilité	inclus	
7	Préparation	inclus	
8	Indemnités (libération)	-	
9	Droits et frais de notaires (13,5%)	inclus	
10	Frais financiers (5% sur 24 mois) sur 1+9	inclus	
11	Taxes et impôts terrain	inclus	
12	Charges patrimoine/architecture	inclus	
	SOUS TOTAL		1.131,56
B.	TRAVAUX		
1	Coûts de construction		1.300,00
2	Honoraires	15,00%	195,00
3	Hausse des coûts (indexation)	2,00%	39,43
4	Taxes, assurances & imprévus (sur 24 mois)	3,00%	82,23
5	TVA (sur 1-2-3)	21,00%	322,23
6	Frais financiers (5% sur 24 mois)	2,50%	96,94
	SOUS TOTAL		2.035,83
C.	FRAIS de COMMERCIALISATION	3,00%	39,00
	3% du prix de vente		
D.	COÛT du VIDE LOCATIF (+/- 9 mois)		123,75
	de 6 à 12 mois d'inoccupation progressive		
E.	CHARGES URBANISME		150,00
	SOUS TOTAL		3.480,14
	Loyer à un rendement initial de 6,5%	6,50%	226,21
	Part du terrain		32,51%
	Taux de Rendement Interne (TRI)		
F.	MARGE	20,00%	696,03
G.	TOTAL		4.176,17
	Loyer à un rendement initial de 6,5%	6,50%	271,45
	Part du terrain		27,10%

	Bâtiment de bureaux R+22		€/m ²
A.	TERRAIN		
1	Achat terrain - imputation		787,76
2	Démolitions	inclus	
3	Parties communes	inclus	
4	Divers achats	inclus	
5	Voiries / abords	inclus	
6	Viabilisation / mobilité	inclus	
7	Préparation	inclus	
8	Indemnités (libération)	-	
9	Droits et frais de notaires (13,5%)	inclus	
10	Frais financiers (5% sur 28 mois) sur 1+9	inclus	
11	Taxes et impôts terrain	inclus	
12	Charges patrimoine/architecture	inclus	
	SOUS TOTAL		787,76
B.	TRAVAUX		
1	Coûts de construction		1.400,00
2	Honoraires	15,00%	210,00
3	Hausse des coûts (indexation)	2,00%	43,07
4	Taxes, assurances & imprévus (sur 28 mois)	3,00%	112,70
5	TVA (sur 1-2-3)	21,00%	347,14
6	Frais financiers (5% sur 28 mois)	2,50%	123,25
	SOUS TOTAL		2.236,16
C.	FRAIS de COMMERCIALISATION	3,00%	42,00
	3% du prix de vente		
D.	COÛT du VIDE LOCATIF (+/- 9 mois)		123,75
	de 6 à 12 mois d'inoccupation progressive		
E.	CHARGES URBANISME		150,00
	SOUS TOTAL		3.339,67
	Loyer à un rendement initial de 6,5%	6,50%	217,08
	Part du terrain		23,59%
	Taux de Rendement Interne (TRI)		
F.	MARGE RISQUE	20,00%	667,93
G.	TOTAL		4.007,61
	Loyer à un rendement initial de 6,5%	6,50%	260,49
	Part du terrain		19,66%

	Bâtiment de bureaux R+30		€/m ²
A.	TERRAIN		
1	Achat terrain - imputation		596,52
2	Démolitions	inclus	
3	Parties communes	inclus	
4	Divers achats	inclus	
5	Voiries / abords	inclus	
6	Viabilisation / mobilité	inclus	
7	Préparation	inclus	
8	Indemnités (libération)	-	
9	Droits et frais de notaires (13,5%)	inclus	
10	Frais financiers (5% sur 30 mois) sur 1+9	inclus	
11	Taxes et impôts terrain	inclus	
12	Charges patrimoine/architecture	inclus	
	SOUS TOTAL		596,52
B.	TRAVAUX		
1	Coûts de construction		1.500,00
2	Honoraires	15,00%	225,00
3	Hausse des coûts (indexation)	2,00%	46,36
4	Taxes, assurances & imprévus (sur 30 mois)	3,00%	129,38
5	TVA (sur 1-2-3)	21,00%	371,99
6	Frais financiers (5% sur 30 mois)	2,50%	142,04
	SOUS TOTAL		2.414,76
C.	FRAIS de COMMERCIALISATION	3,00%	45,00
	3% du prix de vente		
D.	COÛT du VIDE LOCATIF (+/- 9 mois)		123,75
	de 6 à 12 mois d'inoccupation progressive		
E.	CHARGES URBANISME		150,00
	SOUS TOTAL		3.330,03
	Loyer à un rendement initial de 6,5%	6,50%	216,45
	Part du terrain		17,91%
	Taux de Rendement Interne (TRI)		
F.	MARGE	20,00%	666,01
G.	TOTAL		3.996,04
	Loyer à un rendement initial de 6,5%	6,50%	259,74
	Part du terrain		14,93%

	Bâtiment de bureaux R+50		€/m ²
A.	TERRAIN		
1	Achat terrain - imputation		149,13
2	Démolitions	inclus	
3	Parties communes	inclus	
4	Divers achats	inclus	
5	Voiries / abords	inclus	
6	Viabilisation / mobilité	inclus	
7	Préparation	inclus	
8	Indemnités (libération)	-	
9	Droits et frais de notaires (13,5%)	inclus	
10	Frais financiers (5% sur 30 mois) sur 1+9	inclus	
11	Taxes et impôts terrain	inclus	
12	Charges patrimoine/architecture	inclus	
	SOUS TOTAL		149,13
B.	TRAVAUX		
1	Coûts de construction		1.600,00
2	Honoraires	15,00%	240,00
3	Hausse des coûts (indexation)	2,00%	49,45
4	Taxes, assurances & imprévus (sur 30 mois)	3,00%	138,00
5	TVA (sur 1-2-3)	21,00%	396,78
6	Frais financiers (5% sur 30 mois)	2,50%	151,51
	SOUS TOTAL		2.575,75
C.	FRAIS de COMMERCIALISATION	3,00%	45,00
	3% du prix de vente		
D.	COÛT du VIDE LOCATIF (+/- 9 mois)		123,75
	de 6 à 12 mois d'inoccupation progressive		
E.	CHARGES URBANISME		150,00
	SOUS TOTAL		3.043,63
	Loyer à un rendement initial de 6,5%	6,50%	197,84
	Part du terrain		4,90%
	Taux de Rendement Interne (TRI)		
F.	MARGE	20,00%	608,73
G.	TOTAL		3.652,36
	Loyer à un rendement initial de 6,5%	6,50%	237,40
	Part du terrain		4,08%

	Bâtiment de Logements R+7		€/m ²
A.	TERRAIN		
1	Achat terrain - imputation		300,00
2	Démolitions	inclus	
3	Parties communes	inclus	
4	Divers achats	inclus	
5	Voiries / abords	inclus	
6	Viabilisation / mobilité	inclus	
7	Préparation	inclus	
8	Indemnités (libération)	-	
9	Droits et frais de notaires (13,5%)	inclus	
10	Frais financiers (5% sur 24 mois) sur 1+9	inclus	
11	Taxes et impôts terrain	inclus	
12	Charges patrimoine/architecture	inclus	
	SOUS TOTAL		300,00
B.	TRAVAUX		
1	Coûts de construction		1.100,00
2	Honoraires	15,00%	165,00
3	Hausse des coûts (indexation)	2,00%	33,52
4	Taxes, assurances & imprévus (sur 2 ans)	3,00%	75,90
5	TVA (sur 1-2-3)	21,00%	272,69
6	Frais financiers (5% sur 24 mois)	2,50%	82,36
	SOUS TOTAL		1.729,47
C.	FRAIS de COMMERCIALISATION	20,00%	25,00
	20% du loyer de la 1ère année (15% agent + 5%brochure)		
D.	COÛT du VIDE LOCATIF (+/- 3 mois)		31,25
	de 0 à 6 mois d'inoccupation progressive		
E.	CHARGES URBANISME		0,00
	SOUS TOTAL		2.085,72
	Loyer à un rendement initial de 5,5%	5,50%	114,71
	Part du terrain		14,38%
	Taux de Rendement Interne (TRI)		
F.	MARGE RISQUE (peut varier dans le temps)	10,00%	208,57
G.	TOTAL		2.294,29
	Loyer à un rendement initial de 5,5%	5,50%	126,19
	Part du terrain		13,08%

	Bâtiment de logements R+15		€/m ²
A.	TERRAIN		
1	Achat terrain - imputation		140,00
2	Démolitions	inclus	
3	Parties communes	inclus	
4	Divers achats	inclus	
5	Voiries / abords	inclus	
6	Viabilisation / mobilité	inclus	
7	Préparation	inclus	
8	Indemnités (libération)	-	
9	Droits et frais de notaires (13,5%)	inclus	
10	Frais financiers (5% sur 24 mois) sur 1+9	inclus	
11	Taxes et impôts terrain	inclus	
12	Charges patrimoine/architecture	inclus	
	SOUS TOTAL		140,00
B.	TRAVAUX		
1	Coûts de construction		1.150,00
2	Honoraires	15,00%	172,50
3	Hausse des coûts (indexation)	2,00%	35,05
4	Taxes, assurances & imprévus (sur 2 ans)	3,00%	79,35
5	TVA (sur 1-2-3)	21,00%	285,08
6	Frais financiers (5% sur 24 mois)	2,50%	86,10
	SOUS TOTAL		1.808,08
C.	FRAIS de COMMERCIALISATION	20,00%	25,00
	20% du loyer de la 1ère année (15% agent + 5%brochure)		
D.	COÛT du VIDE LOCATIF (+/- 3 mois)		31,25
	de 0 à 6 mois d'inoccupation progressive		
E.	CHARGES URBANISME		0,00
	SOUS TOTAL		2.004,33
	Loyer à un rendement initial de 5,5%	5,50%	110,24
	Part du terrain		6,98%
	Taux de Rendement Interne (TRI)		
F.	MARGE RISQUE (peut varier dans le temps)	10,00%	200,43
G.	TOTAL		2.204,76
	Loyer à un rendement initial de 5,5%	5,50%	121,26
	Part du terrain		6,35%

	Bâtiment de logements R+22		€/m ²
A.	TERRAIN		
1	Achat terrain - imputation		101,07
2	Démolitions	inclus	
3	Parties communes	inclus	
4	Divers achats	inclus	
5	Voiries / abords	inclus	
6	Viabilisation / mobilité	inclus	
7	Préparation	inclus	
8	Indemnités (libération)	-	
9	Droits et frais de notaires (13,5%)	inclus	
10	Frais financiers (5% sur 24 mois) sur 1+9	inclus	
11	Taxes et impôts terrain	inclus	
12	Charges patrimoine/architecture	inclus	
	SOUS TOTAL		101,07
B.	TRAVAUX		
1	Coûts de construction		1.250,00
2	Honoraires	15,00%	187,50
3	Hausse des coûts (indexation)	2,00%	38,09
4	Taxes, assurances & imprévus (sur 2 ans)	3,00%	86,25
5	TVA (sur 1-2-3)	21,00%	309,87
6	Frais financiers (5% sur 24 mois)	2,50%	93,59
	SOUS TOTAL		1.965,30
C.	FRAIS de COMMERCIALISATION	20,00%	25,00
	20% du loyer de la 1ère année (15% agent + 5%brochure)		
D.	COÛT du VIDE LOCATIF (+/- 3 mois)		31,25
	de 0 à 6 mois d'inoccupation progressive		
E.	CHARGES URBANISME		0,00
	SOUS TOTAL		2.122,62
	Loyer à un rendement initial de 5,5%	5,50%	116,74
	Part du terrain		4,76%
	Taux de Rendement Interne (TRI)		
F.	MARGE RISQUE (peut varier dans le temps)	10,00%	212,26
G.	TOTAL		2.334,89
	Loyer à un rendement initial de 5,5%	5,50%	128,42
	Part du terrain		4,33%

	Bâtiment de logements R+30		€/m ²
A.	TERRAIN		
1	Achat terrain - imputation		74,12
2	Démolitions	inclus	
3	Parties communes	inclus	
4	Divers achats	inclus	
5	Voiries / abords	inclus	
6	Viabilisation / mobilité	inclus	
7	Préparation	inclus	
8	Indemnités (libération)	-	
9	Droits et frais de notaires (13,5%)	inclus	
10	Frais financiers (5% sur 24 mois) sur 1+9	inclus	
11	Taxes et impôts terrain	inclus	
12	Charges patrimoine/architecture	inclus	
	SOUS TOTAL		74,12
B.	TRAVAUX		
1	Coûts de construction		1.500,00
2	Honoraires	15,00%	225,00
3	Hausse des coûts (indexation)	2,00%	45,71
4	Taxes, assurances & imprévus (sur 2 ans)	3,00%	103,50
5	TVA (sur 1-2-3)	21,00%	371,85
6	Frais financiers (5% sur 24 mois)	2,50%	112,30
	SOUS TOTAL		2.358,37
C.	FRAIS de COMMERCIALISATION	20,00%	25,00
	20% du loyer de la 1ère année (15% agent + 5%brochure)		
D.	COÛT du VIDE LOCATIF (+/- 3 mois)		31,25
	de 0 à 6 mois d'inoccupation progressive		
E.	CHARGES URBANISME		0,00
	SOUS TOTAL		2.488,73
	Loyer à un rendement initial de 5,5%	5,50%	136,88
	Part du terrain		2,98%
	Taux de Rendement Interne (TRI)		
F.	MARGE RISQUE (peut varier dans le temps)	10,00%	248,87
G.	TOTAL		2.737,61
	Loyer à un rendement initial de 5,5%	5,50%	150,57
	Part du terrain		2,71%

	Bâtiment de Logements R+7		€/m ²
A.	TERRAIN		
1	Achat terrain - imputation		600,00
2	Démolitions	inclus	
3	Parties communes	inclus	
4	Divers achats	inclus	
5	Voiries / abords	inclus	
6	Viabilisation / mobilité	inclus	
7	Préparation	inclus	
8	Indemnités (libération)	-	
9	Droits et frais de notaires (13,5%)	inclus	
10	Frais financiers (5% sur 24 mois) sur 1+9	inclus	
11	Taxes et impôts terrain	inclus	
12	Charges patrimoine/architecture	inclus	
	SOUS TOTAL		600,00
B.	TRAVAUX		
1	Coûts de construction		1.100,00
2	Honoraires	15,00%	165,00
3	Hausse des coûts (indexation)	2,00%	33,52
4	Taxes, assurances & imprévus (sur 2 ans)	3,00%	75,90
5	TVA (sur 1-2-3)	21,00%	272,69
6	Frais financiers (5% sur 24 mois)	2,50%	82,36
	SOUS TOTAL		1.729,47
C.	FRAIS de COMMERCIALISATION	20,00%	25,00
	20% du loyer de la 1ère année (15% agent + 5%brochure)		
D.	COÛT du VIDE LOCATIF (+/- 3 mois)		31,25
	de 0 à 6 mois d'inoccupation progressive		
E.	CHARGES URBANISME		0,00
	SOUS TOTAL		2.385,72
	Loyer à un rendement initial de 5,5%	5,50%	131,21
	Part du terrain		25,15%
	Taux de Rendement Interne (TRI)		
F.	MARGE RISQUE (peut varier dans le temps)	10,00%	238,57
G.	TOTAL		2.624,29
	Loyer à un rendement initial de 5,5%	5,50%	144,34
	Part du terrain		22,86%

	Bâtiment de logements R+15		€/m ²
A.	TERRAIN		
1	Achat terrain - imputation		280,00
2	Démolitions	inclus	
3	Parties communes	inclus	
4	Divers achats	inclus	
5	Voiries / abords	inclus	
6	Viabilisation / mobilité	inclus	
7	Préparation	inclus	
8	Indemnités (libération)	-	
9	Droits et frais de notaires (13,5%)	inclus	
10	Frais financiers (5% sur 24 mois) sur 1+9	inclus	
11	Taxes et impôts terrain	inclus	
12	Charges patrimoine/architecture	inclus	
	SOUS TOTAL		280,00
B.	TRAVAUX		
1	Coûts de construction		1.150,00
2	Honoraires	15,00%	172,50
3	Hausse des coûts (indexation)	2,00%	35,05
4	Taxes, assurances & imprévus (sur 2 ans)	3,00%	79,35
5	TVA (sur 1-2-3)	21,00%	285,08
6	Frais financiers (5% sur 24 mois)	2,50%	86,10
	SOUS TOTAL		1.808,08
C.	FRAIS de COMMERCIALISATION	20,00%	25,00
	20% du loyer de la 1ère année (15% agent + 5%brochure)		
D.	COÛT du VIDE LOCATIF (+/- 3 mois)		31,25
	de 0 à 6 mois d'inoccupation progressive		
E.	CHARGES URBANISME		0,00
	SOUS TOTAL		2.144,33
	Loyer à un rendement initial de 5,5%	5,50%	117,94
	Part du terrain		13,06%
	Taux de Rendement Interne (TRI)		
F.	MARGE RISQUE (peut varier dans le temps)	10,00%	214,43
G.	TOTAL		2.358,76
	Loyer à un rendement initial de 5,5%	5,50%	129,73
	Part du terrain		11,87%

	Bâtiment de logements R+22		€/m ²
A.	TERRAIN		
1	Achat terrain - imputation		202,14
2	Démolitions	inclus	
3	Parties communes	inclus	
4	Divers achats	inclus	
5	Voiries / abords	inclus	
6	Viabilisation / mobilité	inclus	
7	Préparation	inclus	
8	Indemnités (libération)	-	
9	Droits et frais de notaires (13,5%)	inclus	
10	Frais financiers (5% sur 24 mois) sur 1+9	inclus	
11	Taxes et impôts terrain	inclus	
12	Charges patrimoine/architecture	inclus	
	SOUS TOTAL		202,14
B.	TRAVAUX		
1	Coûts de construction		1.250,00
2	Honoraires	15,00%	187,50
3	Hausse des coûts (indexation)	2,00%	38,09
4	Taxes, assurances & imprévus (sur 2 ans)	3,00%	86,25
5	TVA (sur 1-2-3)	21,00%	309,87
6	Frais financiers (5% sur 24 mois)	2,50%	93,59
	SOUS TOTAL		1.965,30
C.	FRAIS de COMMERCIALISATION	20,00%	25,00
	20% du loyer de la 1ère année (15% agent + 5%brochure)		
D.	COÛT du VIDE LOCATIF (+/- 3 mois)		31,25
	de 0 à 6 mois d'inoccupation progressive		
E.	CHARGES URBANISME		0,00
	SOUS TOTAL		2.223,69
	Loyer à un rendement initial de 5,5%	5,50%	122,30
	Part du terrain		9,09%
	Taux de Rendement Interne (TRI)		
F.	MARGE RISQUE (peut varier dans le temps)	10,00%	222,37
G.	TOTAL		2.446,06
	Loyer à un rendement initial de 5,5%	5,50%	134,53
	Part du terrain		8,26%

	Bâtiment de logements R+30		€/m ²
A.	TERRAIN		
1	Achat terrain - imputation		148,24
2	Démolitions	inclus	
3	Parties communes	inclus	
4	Divers achats	inclus	
5	Voiries / abords	inclus	
6	Viabilisation / mobilité	inclus	
7	Préparation	inclus	
8	Indemnités (libération)	-	
9	Droits et frais de notaires (13,5%)	inclus	
10	Frais financiers (5% sur 24 mois) sur 1+9	inclus	
11	Taxes et impôts terrain	inclus	
12	Charges patrimoine/architecture	inclus	
	SOUS TOTAL		148,24
B.	TRAVAUX		
1	Coûts de construction		1.500,00
2	Honoraires	15,00%	225,00
3	Hausse des coûts (indexation)	2,00%	45,71
4	Taxes, assurances & imprévus (sur 2 ans)	3,00%	103,50
5	TVA (sur 1-2-3)	21,00%	371,85
6	Frais financiers (5% sur 24 mois)	2,50%	112,30
	SOUS TOTAL		2.358,37
C.	FRAIS de COMMERCIALISATION	20,00%	25,00
	20% du loyer de la 1ère année (15% agent + 5%brochure)		
D.	COÛT du VIDE LOCATIF (+/- 3 mois)		31,25
	de 0 à 6 mois d'inoccupation progressive		
E.	CHARGES URBANISME		0,00
	SOUS TOTAL		2.562,86
	Loyer à un rendement initial de 5,5%	5,50%	140,96
	Part du terrain		5,78%
	Taux de Rendement Interne (TRI)		
F.	MARGE RISQUE (peut varier dans le temps)	10,00%	256,29
G.	TOTAL		2.819,14
	Loyer à un rendement initial de 5,5%	5,50%	155,05
	Part du terrain		5,26%

Cet exercice confirme la sensibilité de la hauteur à la part terrain qui, en imputation de base R + 7 est de 13, 22 (33) et (44)% du prix total.

Dans le contexte de la Région, le recours à la construction en hauteur ne dispense pas d'une recherche d'optimisation de tous les facteurs entrant en compte dans la composition du prix. En outre, les valeurs belges restant assez élevées en comparaison avec d'autres milieux urbains, la question des coûts de fonctionnement n'en a que proportionnellement plus d'impact, même si, dans le secteur des bureaux, la faible hausse des loyers a en fait servi à amortir la hausse des charges, l'une compensant l'autre. De telles compensations sont cependant, environnementalement et économiquement peu souhaitables, ce qui devrait justifier un intérêt plus accru pour l'établissement de coûts précis de fonctionnement pour les nouveaux projets, et non pas uniquement des objectifs énergétiques. A cet effet, les notions de concentration, de taille critique et de densité peuvent intervenir : le fait que les immeubles tours aient des tailles importantes (+ de 30.000m² sauf plateaux vraiment très petits) peut être un handicap sur le plan financier (prime de risque), mais peut devenir un avantage sur le plan de la gestion énergétique et technique ; ces tailles pourraient, par exemple, permettre de recourir à des installations centralisées optimisées, et à des mécanismes de tiers investisseurs garants des performances.

3 Élaboration d'un tableau d'évolution d'une quinzaine de postes de coûts en fonction du nombre d'étages

3.1 Répartition des coûts

La construction d'immeubles élevés repose également la question des matériaux employés et, notamment, de l'intérêt économique des immeubles à structure métallique. Dans le cadre des gabarits envisageables à Bruxelles (30 à 50 étages), le choix subsiste entre l'acier et le béton, la structure métallique offrant des avantages de délais mais se heurtant à la volatilité plus grande des prix, et à la raréfaction des spécialistes de ce mode constructif.

Les figures 10 et 11 ci-après illustrent l'évolution des coûts des structures en acier entre 1981 et 2000 en Europe, ainsi que la part de la structure dans le coût global.

Tableau 5 – Répartition des coûts

	1980	2000
Études	12 %	14 %
Fondations	5 %	3 %
Façades	19 %	20 %
Aménagements intérieurs	12 %	14 %
Aménagements techniques	15 %	18 %
Aménagements électriques	11 %	13 %
Structure en acier	7 %	5 %
Planches (béton)	3 %	2 %
Élévateurs	Inclus électr.	Inclus électr
Protection incendie	2 %	1 %

Figure 10 : Évolution du coût relatif d'une structure en acier

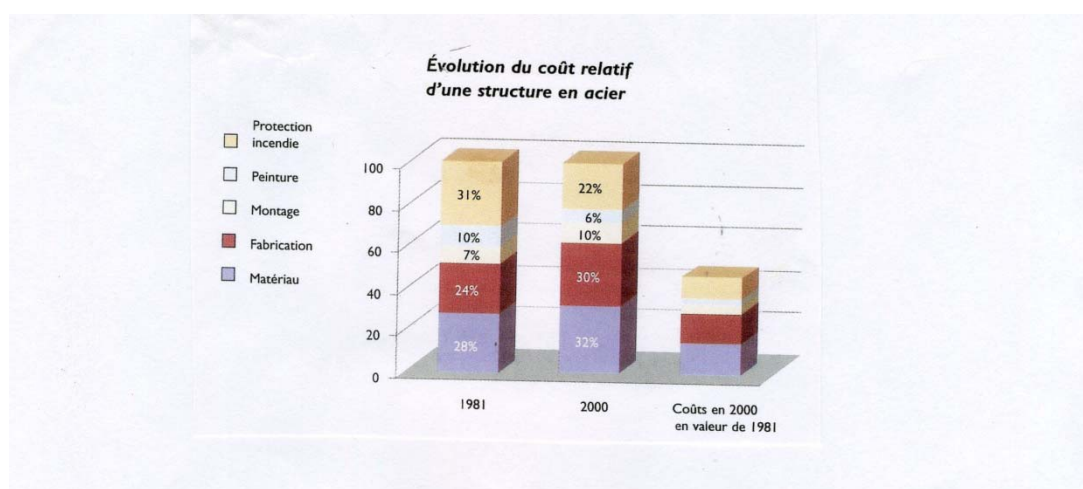
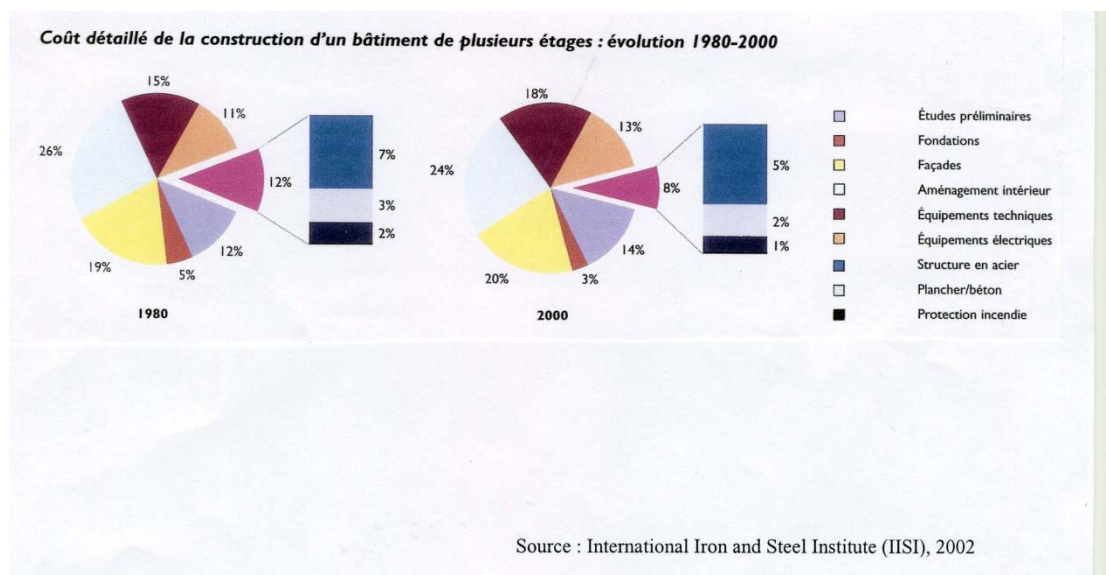


Figure 11 : Coût détaillé de la construction d'un bâtiment de plusieurs étages : évolution 1980-2000



La figure 12 illustre les coûts et bénéfices des immeubles « écologiques » par rapport aux autres. Dans les cas étudiés, les principaux postes étaient, pour les immeubles verts :

- un loyer plus élevé de 10 %
- une location plus rapide
- une rotation plus faible des occupants
- des charges (consommations) réduites de 31%.

Figure 12 : Impact de l'immeuble "vert" sur une série de facteurs

THE EFFECT OF GREEN BUILDING ON SELECTED FACTORS			
	Green Building	Conventional	Difference
Market rent	\$20/ft ²	\$18/ft ²	+11.1%
Initial absorption	15 months	18 months	+16.7%
Term of leases	Five years	Five years	—
Renewal percentage	75%	65%	+15%
Downtime between leases	Six months	Six months	—
Tenant improvements, 1st gen	\$26/ft ²	\$25/ft ²	-4%
Tenant improvements, 2nd gen			
New, 2nd gen	\$19/ft ²	\$18/ft ²	-5.6%
Renewal, 2nd gen	\$6/ft ²	\$ 5/ft ²	-20%
Utility costs	\$0.90/ft ²	\$1.30/ft ²	+31%

Source: Maladite LLC

Tableau 6 : Rappel historique des coûts de construction/Sq Ft de surfaces nettes - principales composantes, New York, 1930

PRINCIPALES COMPOSANTES	8 étages	15 étages	22 étages	30 étages	37 étages	50 étages	63 étages	75 étages
Excavations et fondations	\$ 0,738	\$ 0,476	\$ 0,399	\$ 0,413	\$ 0,435	\$ 0,438	\$ 0,449	\$ 0,415
Acier structurel	0,717	0,798	0,869	0,952	1,009	1,151	1,351	1,726
Sols en béton	0,608	0,580	0,575	0,572	0,583	0,603	0,625	0,642
Partitions internes permanentes	0,224	0,233	0,256	0,274	0,286	0,321	0,356	0,386
Briques	0,177	0,252	0,324	0,369	0,410	0,471	0,515	0,551
Finitions extérieures	0,397	0,497	0,515	0,531	0,517	0,508	0,506	0,515
Toiture	0,060	0,057	0,048	0,040	0,037	0,036	0,032	0,030
Châssis et fenêtres	0,191	0,183	0,195	0,201	0,209	0,221	0,230	0,239
Finitions intérieures et ...	1,821	1,746	1,785	1,804	1,803	1,848	1,894	1,910
Équipement mécanique	1,765	1,813	2,054	2,423	2,699	2,975	3,269	3,623
a) Ascenseurs et portes d'ascenseurs	0,614	0,651	0,868	0,926	1,104	1,245	1,408	1,656
b) Plomberie, drainage et fourniture d'eau	0,434	0,500	0,532	0,567	0,641	0,667	0,717	0,765
c) Éclairage électrique, installation électrique	0,269	0,305	0,323	0,352	0,364	0,384	0,402	0,419
d) Chauffage et ventilation	0,448	0,356	0,331	0,578	0,590	0,679	0,742	0,785
Changements de locataires	0,594	0,662	0,680	0,700	0,701	0,699	0,693	0,688
Divers	0,397	0,286	0,244	0,309	0,280	0,256	0,238	0,227
Équipement et conditions générales	0,481	0,425	0,414	0,429	0,436	0,448	0,467	0,492
Extras et imprévus	0,230	0,224	0,223	0,218	0,217	0,218	0,220	0,219
Total coût projet et matériaux	8,400	8,232	8,588	9,248	9,622	10.191,000	10,844	11,665
Total coût de construction	9,289	9,098	9,463	10,100	10,514	11,089	11,728	12,589
Coût du terrain (\$200/Sq Ft)	31,553	20,172	16,467	13,695	12,335	10.863,000	9,798	9,041
Coût total de réalisation (par Sq Ft)	2,384	1,925	1,907	1,926	1,999	2,055	2,148	2,284
Total Investissement (par Sq Ft)	43,226	31,195	27,837	25,921	24,847	24,008	23,674	23,913
Coût total cession de terrain	33,700	21,818	18,034	15,407	13,844	12,341	11,263	10,516
Coût total cession du bâtiment	9,526	9,377	9,803	10,514	11,003	11,667	12,411	13,397

Source : Kingston and Clarck, dans Carol Wills

Le tableau 7 et les figures 13, 14, 15 et 16 réalisés par E.C. Harris et par l'Iron and Steel Institute, visent à intégrer les impacts des formes urbaines :

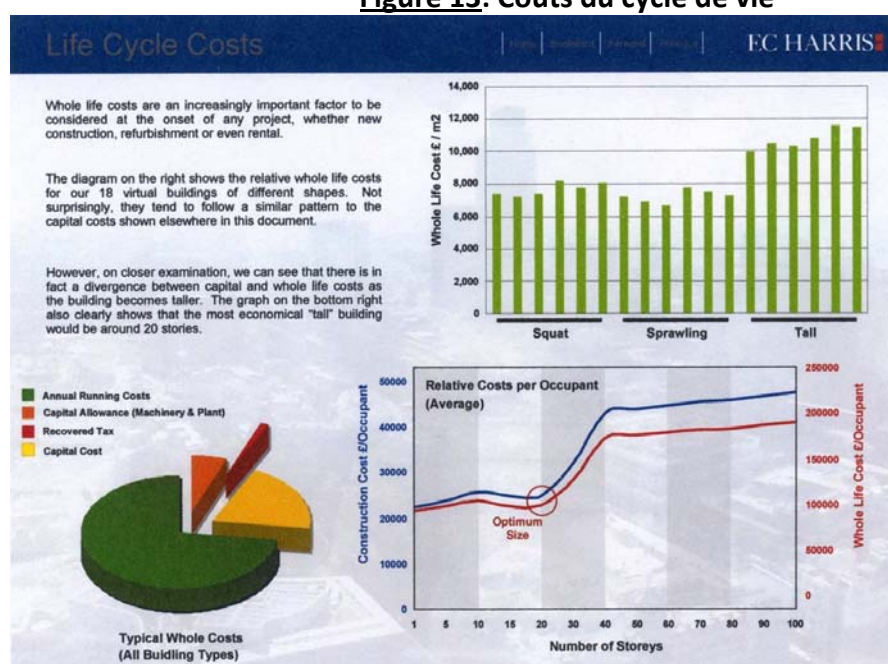
- sprawl : étalement de type suburbain
- squat : îlots (cfr infra, squares et damiers)
- tall : immeubles tours

Notons que ces calculs n'intègrent pas le facteur terrain et les frais annexes. E.C. Harris aboutit donc logiquement à un optimal de coûts en construction diffuse ou étalée (faible gabarit) de type suburbain, différentiel qui se réduit en proportion avec l'augmentation du prix du sol.

Tableau 7

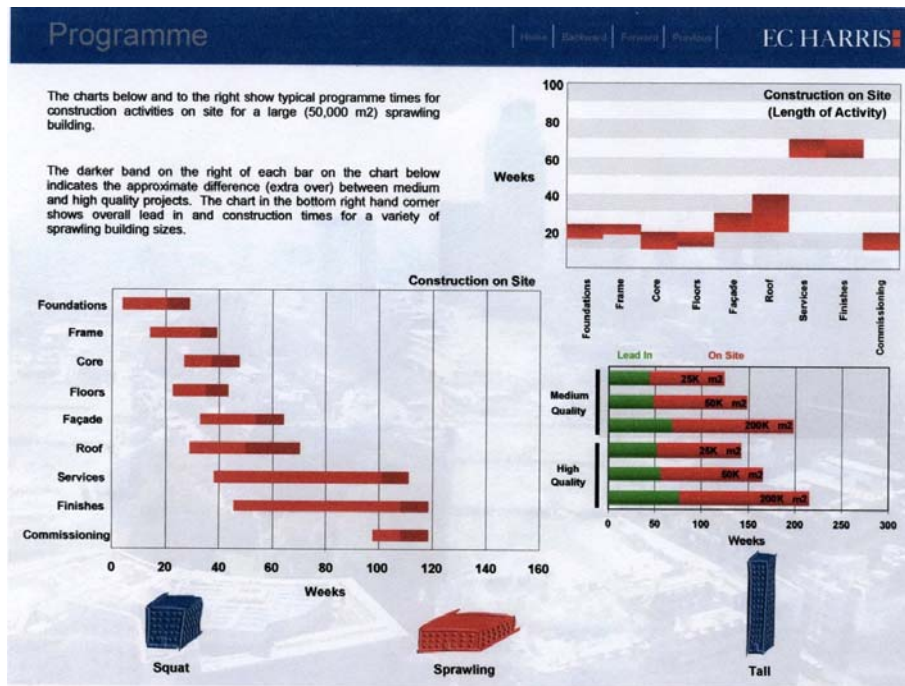
	R+1	R+14	R+34	R+50
1. Gros-œuvre fermé :				
- Fondations	5	6	4	3
- structure + chantier	15	20	25	40
- toiture - étanchéité	5	4	3	2
- façades hors châssis	20	20	25	30
Sous-total - 50%	50	50	57	75
2. Equipements-TS-châssis				
- ascenseurs	5	6	5	10
- climatique	10	10	12	15
- plomberie	5	6	8	10
- électricité	8	8	10	15
- sécurité	2	3	4	5
Sous-total - 30%	30	33	39	55
3. Parachèvement - 20%	20	20	20	20
TOTAL	100	103	116	150

Figure 13: Coûts du cycle de vie



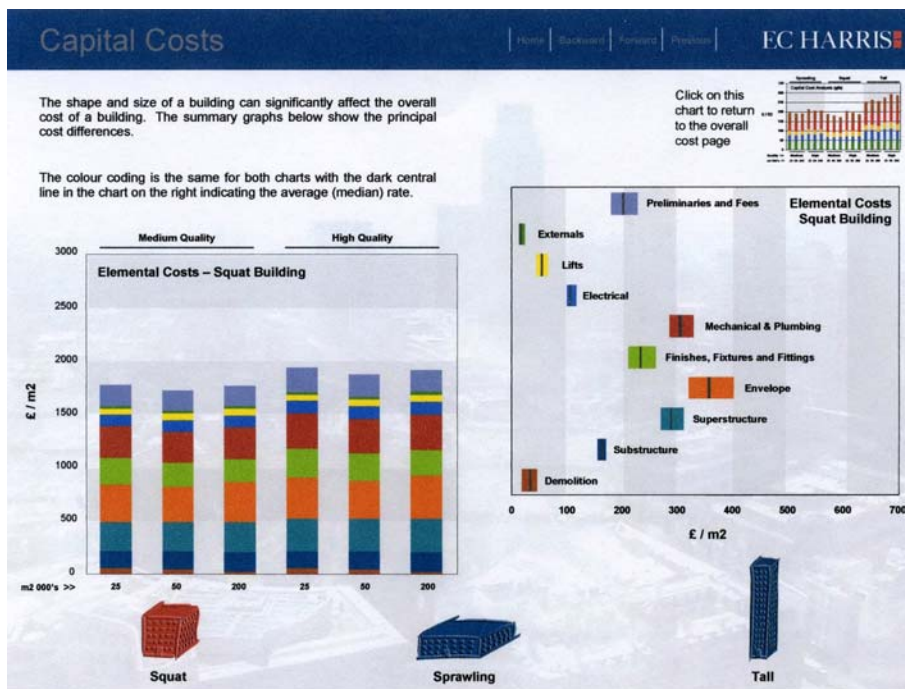
Source : E.C. Harris, 2007

Figure 14 : Programme



Source : E.C. Harris, 2007

Figure 15 : Coûts du capital



Source : E.C. Harris, 2007

3.2. Conclusion et commentaires

La plupart des sources disponibles se situent en Grande Bretagne et en France, ou dans des comparaisons beaucoup plus vastes dont seules certaines incluent la Belgique.

D'une manière générale, les coûts de construction en Belgique sont globalement moins élevés et moins connus dans les composantes précises. Parmi les postes les plus importants dans un immeuble tour, les ascenseurs et monte-charges sont les moins bien connus et les écarts relevés sont les plus importants : il s'agit, d'une part, des prix d'entretien et de rénovation et, d'autre part, des études de trafic menant à la définition du nombre d'engins nécessaires (v/ trafic et niveau de confort d'autre part).

Notons également ici aussi, certaines difficultés de mutations fonctionnelles, le ratio ascenseur/m² étant beaucoup plus élevé en bureaux qu'en logements.

4 Évaluation économique de la taille optimale des opérations en termes de densité bâtie pour différents types de programmes logements, bureaux, mixtes

L'analyse des prix et des coûts dans les différents cas de figures étudiés, ainsi que les travaux de E.C. Harris, montrent que la solution d'immeuble élevé ne s'impose pas, dans de nombreux cas, pour des raisons économiques et financières.

Dans le contexte de la Région de Bruxelles-Capitale, les immeubles élevés se justifieraient donc pour d'autres raisons : concentration de grandes fonctions en un point précis (cela aurait pu être le cas de l'OTAN s'il n'avait pas été situé à proximité de l'aéroport), création de fonctions « plates » (voir ci-après l'examen de la mixité générant une élévation à proximité).

Comme il ne semble pas y avoir d'impératif financier clair en faveur des immeubles élevés, peut-il y avoir une motivation macro-économique : l'immeuble élevé permet-il des densités optimales inaccessibles à d'autres formes urbaines ? Rappelons d'abord (CLI 2006) que l'essentiel du parc immobilier foncier bruxellois est constitué de logements : 50.000.000 de m² bâtis (estimation faite à partir des données disponibles à défaut de recensement) contre 12.500.000 de m² de bureaux incluant les immeubles vides et transformés (Observatoire des bureaux). En ce qui concerne la production neuve hors rénovation/reconstruction, ces deux fonctions s'équilibrent dans le temps mais avec vraisemblablement une surproduction de bureaux et une sous-production de logements moyens.

Compte tenu de ces différents facteurs, trois morphologies exemplatives peuvent être dégagées :

1. Tour de logements de 32 étages

Sur rez de 4 m de haut et une hauteur d'entre-axe de 3,10m soit 103,2 m de haut.

- Nombre de logements : 6 par étage
- Nombre d'escaliers : 2
- Nombre d'ascenseurs : 3
- Mixité : petits bureaux, professions libérales
- Parkings : 200, soit 6.000 m² sur 4 niveaux de 1.500 m²
- Terrain : 1.500 m²
- B/S : 650 m/1.500 soit 0,43
- Superficie hors sol : 22.000 m²
- P/S : 15

Par comparaison, un immeuble de R+7 de 650 m² de plateaux (36m + 18) a une empreinte B/S de 1.296 m², soit 0,50 pour une surface hors sol de 5.200 m², soit un P/S de 4.

2. Tour de bureaux « Commission Européenne »

Cfr point 9.

3. Tour de bureaux 1 occupant

Référence : Tour DEXIA place Rogier.

Problème : profondeur de 40 m donc utilisable uniquement en bureaux de type paysager, à l'exclusion d'autres usages.

Tableau 8 : Opportunités – menaces

		Opportunités	Menaces
1.	Promotion de l'habitat	Oui, localisation	Voisinage
2.	Création de logements : - abordables - diversifiés	Non Oui	
3.	Accessibilité	Oui	
4.	Espaces verts	Oui	
5.	Environnement	Oui	
6.	1.200.000 habitants	Oui	
7.	Bureaux du futur	Oui	Transferts
8.	Europe à Bruxelles	Oui	
9.	Optimisation des infrastructures	Oui	Oui
10.	Développement de l'emploi	?	

Figure 17 : P/S immeuble R+7

P/S : immeuble R+7

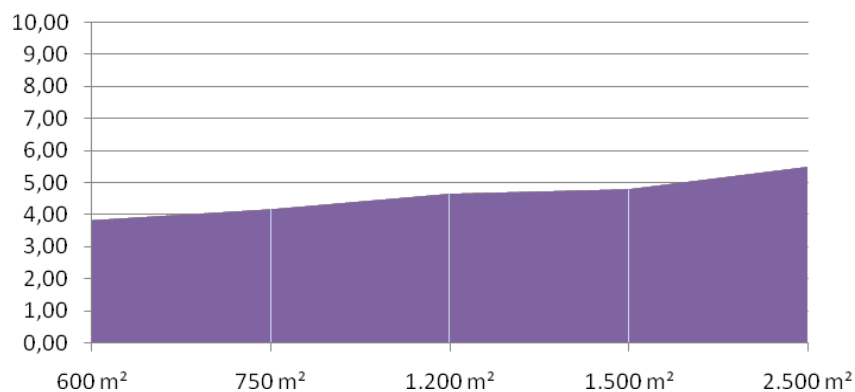


Figure 18 : P/S immeuble R+15

P/S : immeuble R+15

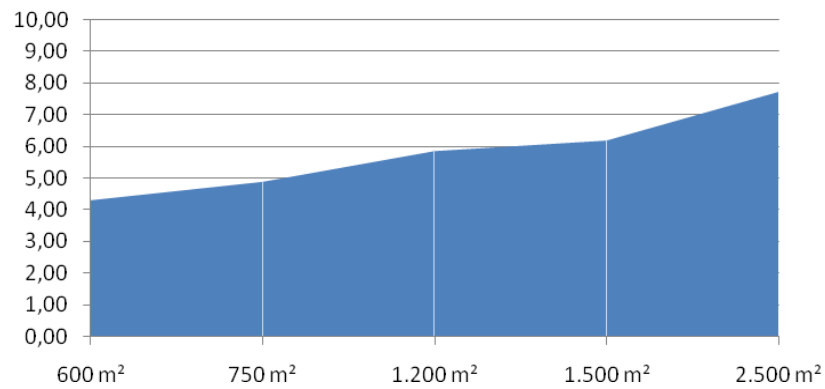


Figure 19 : P/S immeuble R+22

P/S : immeuble R+22

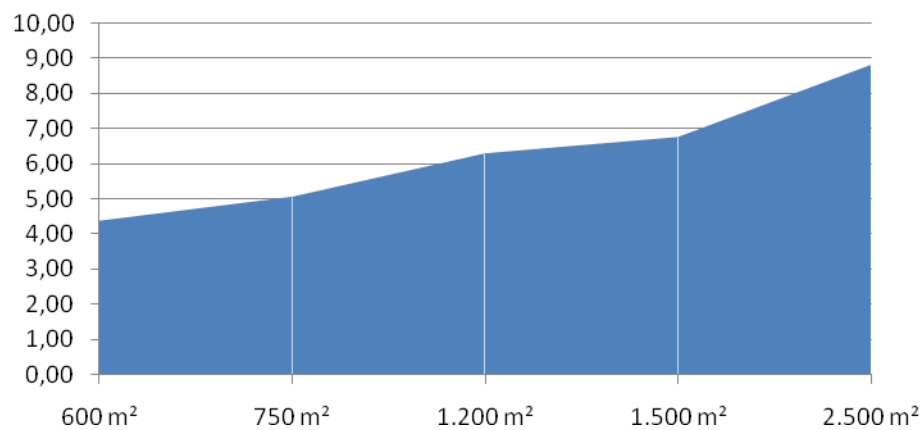


Figure 20 : P/S immeuble R+30

P/S : immeuble R+30

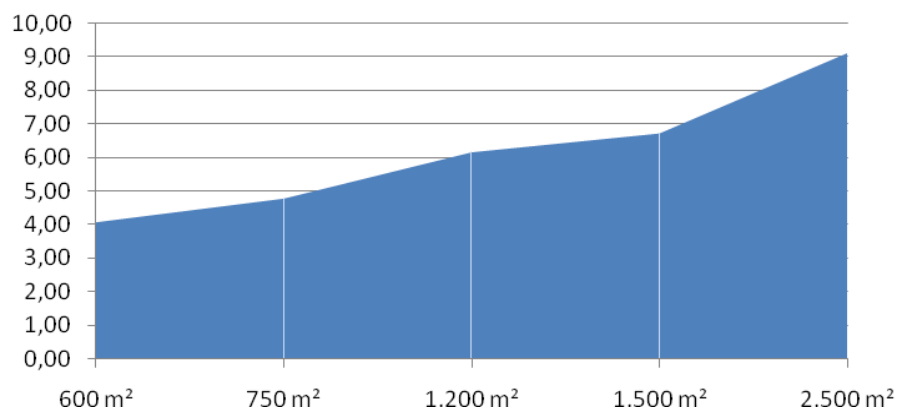


Figure 21 : P/S immeuble R+35

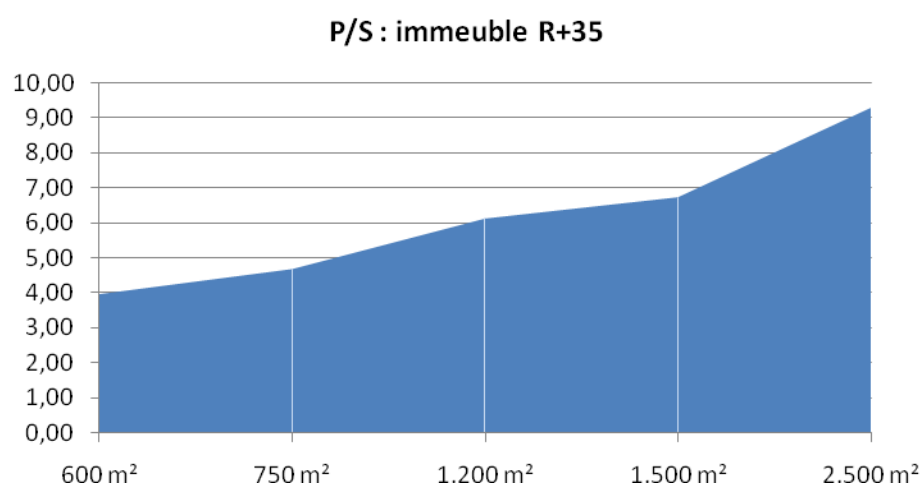


Figure 22 : P/S immeuble R+40

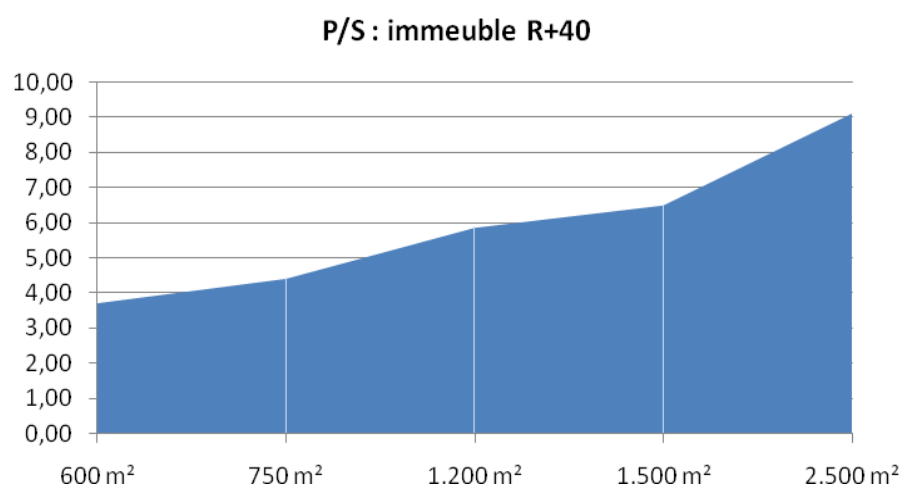
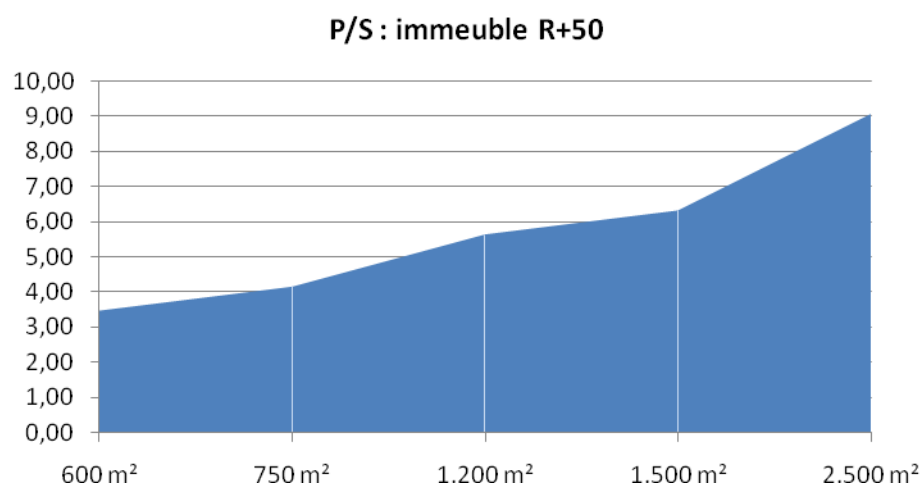
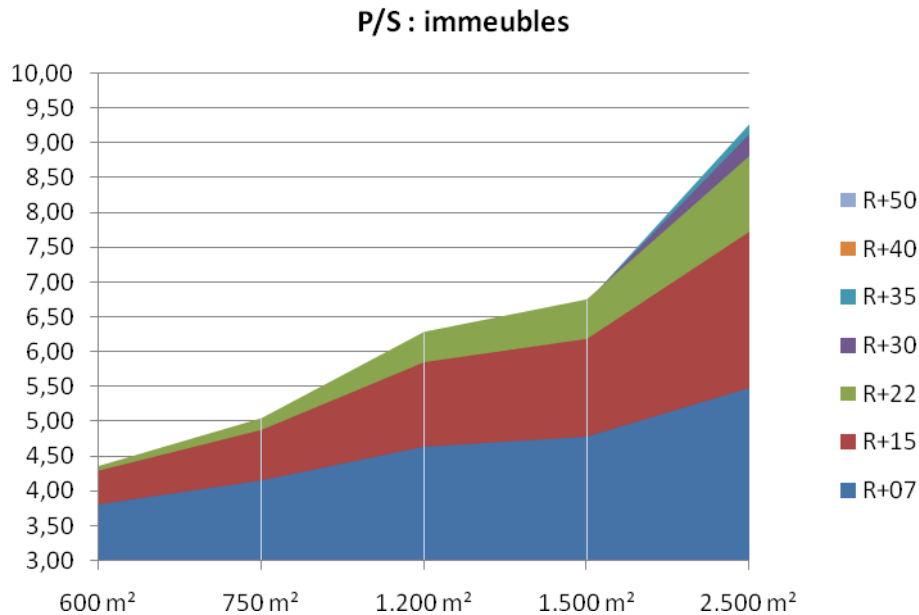


Figure 23 : P/S immeuble R+50



Compte tenu des reculs à partir de 22 étages, la taille des plateaux apporte un gain de P/S.

Figure 24 : Synthèse P/S



Relation entre P/S et le nombre d'étages

Le P/S n'est cependant pas proportionnel au nombre d'étages et dépend de l'implantation urbaine de l'immeuble élevé. Les formes les plus courantes sont :

- les quartiers de tours proches l'une de l'autre : La Défense, Canary Wharf, le quartier Nord de Bruxelles (bien qu'assez peu dense) ;
- les tours insérées dans le tissu urbain : avenue Louise à Bruxelles, notamment la tour Louise/Generali ;
- la tour isolée dans un espace dégagé, peu bâti : à Bruxelles, la tour du Midi et le Brusilia se rapprochent de cette catégorie, de même que les assurances P&V face au Jardin Botanique, le Royal Building face au Parc de Forest, IT Tower face à La Cambre, Victoria Regina face également au Botanique. Dans ces cas, il est probable que ces tours n'auraient pas été possibles sans la proximité de ces espaces. S'ils sont comptabilisés comme « *empreinte de la tour* », le P/S de celle-ci se modifie (cfr également le Jardin de la Cité administrative de l'État en relation avec la Tour des Finances).

Le P/S réel est alors différent du P/S théorique si des reculs égaux à 1/4 de hauteur sont pris en compte sur deux côtés et 1/8 de hauteur sur les deux autres :

- Pour des hauteurs de
- a) 30 étages (99 m)
 - b) 22 étages (75 m)
 - c) 15 étages (50 m)
- de 25 x 30 m (750 m²)

les surfaces aux sols seraient respectivement de :

a) $(24,75 + 30 + 49,50) \times (24,75 + 25 + 49,50)$

$$= 104,25 \times 99,25$$

$$= 10.346,80$$

$$\text{soit pour } 750 \times 31 = 23.250 \text{ m}^2$$

$$(24,75 + 30 + 12,375) \times (24,75 + 25 + 12,375)$$

$$= 67 \times 62$$

$$= 4.154 \text{ m}^2$$

Soit un P/S de 5,40 contre 3,75 pour un immeuble de 7 étages érigé en mitoyen sur 20 m + 7,5 + 15 = 42,50 x 0,375 = 1.593,75 alors que le P/S théorique d'une tour érigée sur le même terrain serait de 14,60.

b) Pour les autres valeurs :

15 étages (50 m) :

$$(6,25 + 30 + 12,50) \times (6,25 + 25 + 12,50)$$

$$= 48,75 \times 43,75$$

$$= 2.132,80 \text{ pour } 12.000 \text{ m}^2 \text{ soit un P/S réel de 5,60 et théorique de 7,50.}$$

22 étages (75 m)

$$(9,375 + 30 + 18,75) \times (9,375 + 25 + 18,75)$$

$$= 58,125 \times 53,125$$

$$= 3.378,50 \text{ pour } 17.250 \text{ m}^2, \text{ soit un P/S réel de 5,10 et théorique de 10,80.}$$

A titre de comparaison, une tour de 180 m et 50 étages représenterait :

$$(22,50 + 30 + 45) \times (22,50 + 25 + 45)$$

$$= 97,50 \times 92,50$$

$$= 9.018,75 \text{ pour } 38.250 \text{ m}^2 \text{ soit un P/S réel de 4,24 et théorique de 24.}$$

Notons par ailleurs que le gabarit « optimal » de 15 étages tant en termes de P/S que de coût est purement fortuit et ne se vérifie que dans une zone de prix fonciers.

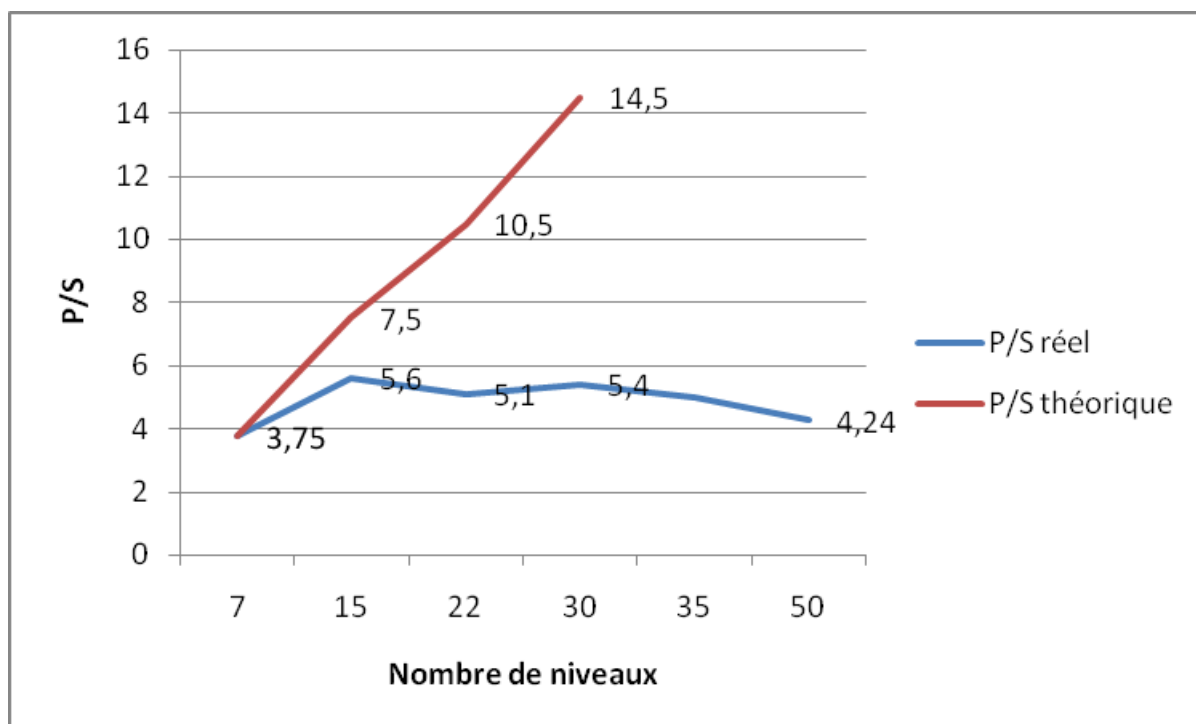
Ces calculs tendent selon nous à montrer que, sur le plan de l'optimisation foncière, les règles de recul devraient varier en fonction de la hauteur et se réduire pour éviter le sprawl des gratte-ciels.

L'évolution du P/S réel devrait en principe être prise en compte dans les prix fonciers. Si le terrain d'emprise et le terrain influencé sont tous deux privés, pas de problème et cette question mène à celle des socles. Si le terrain est public, la surdensité pourrait profiter à la collectivité, mais cette surdensité semble plus résulter d'un surcoût des prix de vente des étages élevés que d'une réduction des prix de revient par répartition de la charge foncière sur des plus grandes surfaces.

Les surcoûts peuvent-ils se traduire en surdensités, en loyers et prix de vente ? Un exercice a été fait sur la différenciation des catégories de logements. Pour le surplus, nous ne disposons pas d'un échantillon statistique de type Hong Kong pour calculer les survaleurs. A

défaut, nous pouvons considérer, pour les logements, que les survaleurs sont réelles dans la qualité supérieure, possible à +/- 25% autour de la hauteur moyenne, mais que des moins values peuvent apparaître en-dessous. C'est là qu'interviendra la conception architecturale car les étages élevés sont plus petits que les autres.

Figure 25 : P/S théorique et P/S réel



N.B. : le nombre de 50 étages étant sans doute tout à fait théorique, un plateau de 750 m² ne permettant sans doute pas d'implanter les circulations verticales nécessaires.

5 Coûts de fonctionnement

Les immeubles de grande hauteur sont souvent considérés comme plus coûteux en frais de fonctionnement (OPD 2006), l'immeuble élevé étant le plus souvent synonyme en Région de Bruxelles-Capitale d'immeuble de surface supérieure à la moyenne. Les questions examinées ici sont plus spécifiquement :

- a) Quels sont les postes qui sont affectés par des économies d'échelle ou, au contraire, par des surcoûts ?
- b) La mixité permet-elle d'optimiser les coûts de fonctionnement ?
- c) Y a-t-il des tailles optimales ?

Dans le secteur des bureaux, l'étude « occupiers property databank » (IPD, Paris 2007) a été basée sur 372 immeubles représentant 4.000.000m². L'âge des immeubles de l'échantillon est de :

- avant 1930 :	9 %
- 1930 - 1969 :	8 %
- 1970 - 1979 :	13 %
- 1980 - 1989 :	16 %
- 1990 - 1999 :	22 %
- 2000 - 2006 :	33 %

dont, - immeubles en location : 48 %
- propriétaires occupants : 52 %

Les différentes catégories de coûts sont reprises ci-après. Les postes qui nous intéressent sont essentiellement les postes C et E, les loyers et services aux occupants étant très variables.

L'étude a comparé, selon les catégories, le coût global par occupant et le coût global/m² (surface utile brute locative). Cette analyse est réalisée annuellement en France depuis 2007, et en Grande Bretagne depuis 1995. L'objectif est de l'étendre en Europe, à l'Allemagne, aux Pays-Bas et aux pays scandinaves.

Les tableaux illustrent une faible dispersion des coûts énergétiques, une plus forte variation des coûts d'entretien des équipements et des façades. L'étude compare divers postes :

- surface utile brute par occupant :	19,4 à 25,9m ²
- surface utile nette par occupant :	11,9 à 15,2m ²
- efficacité de l'immeuble :	entre 54 et 61%

La consommation moyenne d'énergie a été de :

- 327 KWh/m² SUBL en France
- 402 KWh/m² NIA en Grande Bretagne

Pour la première fois, l'étude arrive à la conclusion que l'immeuble de grande hauteur n'est pas plus énergivore que les immeubles moyens comparables (349 KWh/m² contre 403 KWh/m²) et que le facteur déterminant des coûts d'utilisation est le niveau de prestige et de services.

Figure 26 : Les différentes catégories de coûts

Les coûts Méthodologie



Les différentes catégories de coûts :

A OCCUPATION DE L'IMMEUBLE A1 Loyer A2 Services facturés sur une base unitaire (redevance globale) A3 Frais Acquisition/Vente A4 Taxes nationales et locales A5 Parking A6 Installations annexes A7 Espaces occasionnels A8 Marketing et promotion B ADAPTATION ET EQUIPEMENT B1 Aménagement et améliorations B2 Mobilier et équipement C SERVICE AUX BATIMENTS C1 Charges locatives communes C2 Assurances C3 Réparation et ent. intérieurs C4 Réparation et ent. M&E C5 Réparation et ent. Extér. et str. C6 Améliorations mineures C7 Déménagements internes C8 Remises en état	C9 Sécurité - sûreté C10 Nettoyage C11 Evacuation des déchets C12 Plantes et décoration florale C13 Entretien extérieur C14 Eau et évacuation des eaux C15 Energie D SERVICES AUX OCCUPANTS D1 Téléphone D2 Restauration D3 Accueil, Service de réception D4 Service messagerie /courses D5 Service Courrier D6 Reprographie D7 Prévention des sinistres D8 Transport D9 Archivage E FRAIS DE GESTION E1 Gestion immobilière E2 Gestion des équipements E3 Gestion de projets
---	---

© IPD

Figure 27 : Coût global/occupant

Le coût global / occupant Indicateurs



Coût global par occupant :

10 012 € / occupant
372 immeubles

Évolution (n-1) à
périmètre constant :
+ 5%

Coût global / occupant (UK):

7 385 € / occupant
Soit -36% d'écart

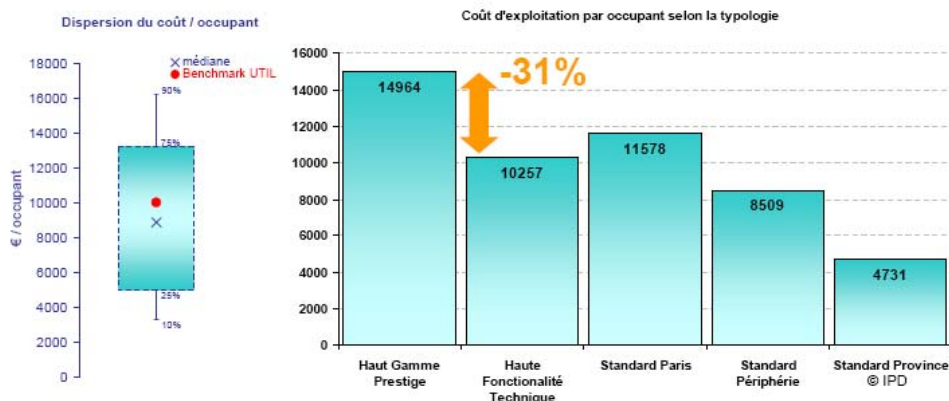


Figure 28 : Coût global/m² : indicateurs

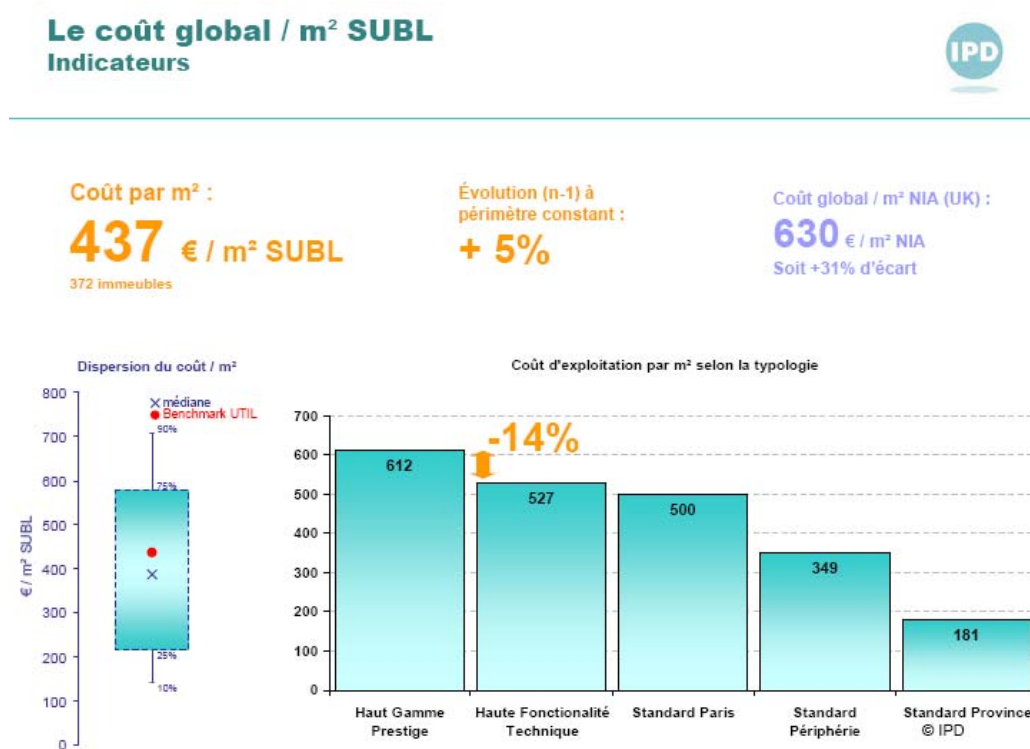


Figure 29 : Coût détaillé par m² : poids des postes de charges

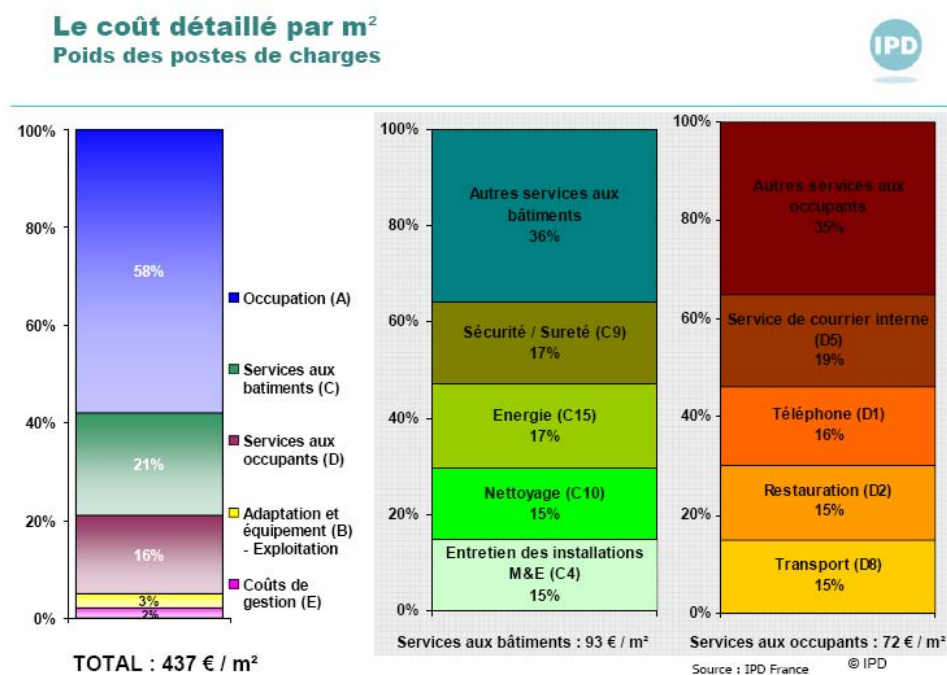


Figure 30 : Analyse de la dispersion : coefficient de variation

Analyse de la dispersion
Coefficient de variations

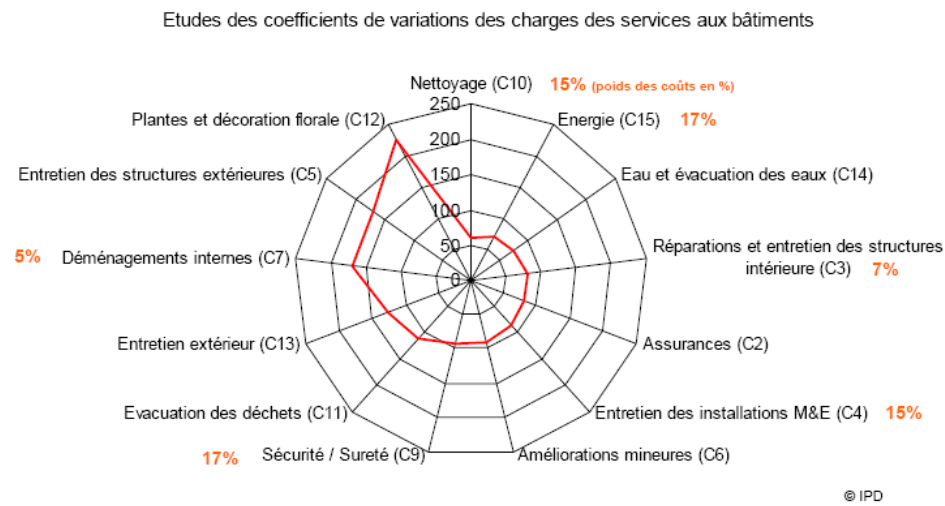


Figure 31 : m² SUBL/occupant

M² SUBL / Occupant
Indicateurs



Figure 32 : Les benchmarks environnementaux - indicateurs 2007

Les benchmarks environnementaux Indicateurs 2007

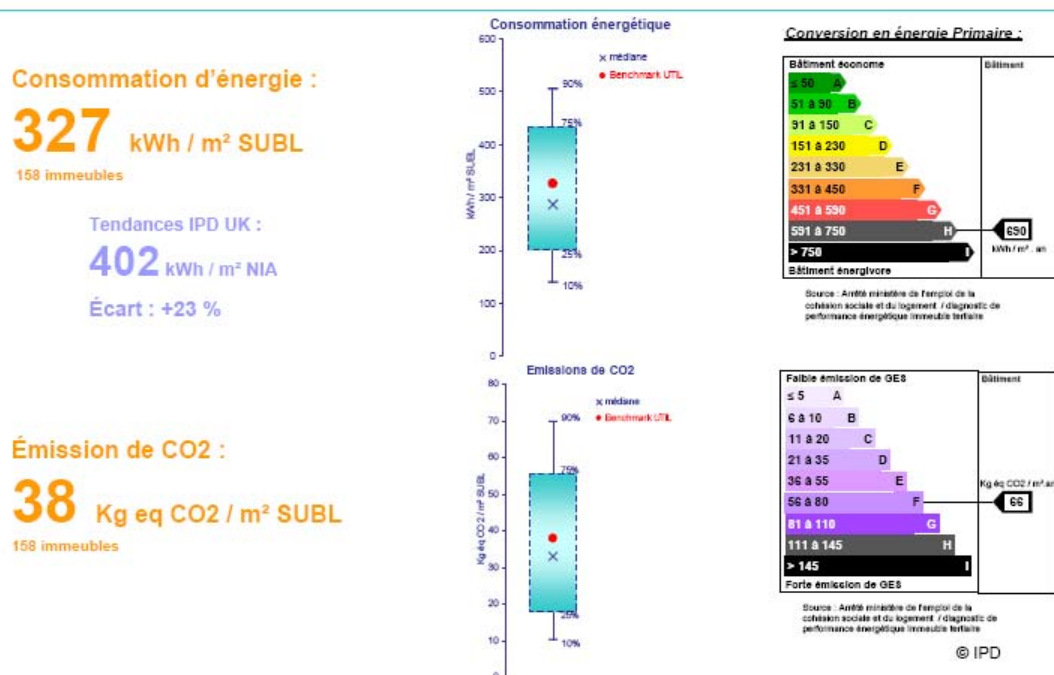


Figure 33 : Impact de la taille des immeubles

Recherche des drivers environnementaux Impact de la taille des immeubles ?



D'où provient l'augmentation des consommations liée à la plus grande taille des immeubles ?
On s'intéresse aux immeubles supérieurs à 20 000m² :

IGH >20 000 m² :

Consommation moyenne	: 349 kWh/m²
Poids (en % de surface) des Haut de Gamme Prestige	: 10%
Poids (en % de surface) des Haute fonctionnalité Technique	: 81%
Surface moyenne	: 42 350 m²

Non IGH >20 000m² :

Consommation moyenne	: 403 kWh/m²
Poids (en % de surface) des Haut de Gamme Prestige	: 40% (485 kWh/m²)
Poids (en % de surface) des Haute fonctionnalité Technique	: 45% (355 kWh/m²)
Surface moyenne	: 30 681 m²



Donc l'augmentation provient surtout des immeubles non IGH et plus particulièrement des « Haut de Gamme Prestige ».

© IPD

Figure 34 : Impact de la typologie IGH

Recherche des drivers environnementaux Impact de la typologie IGH ?

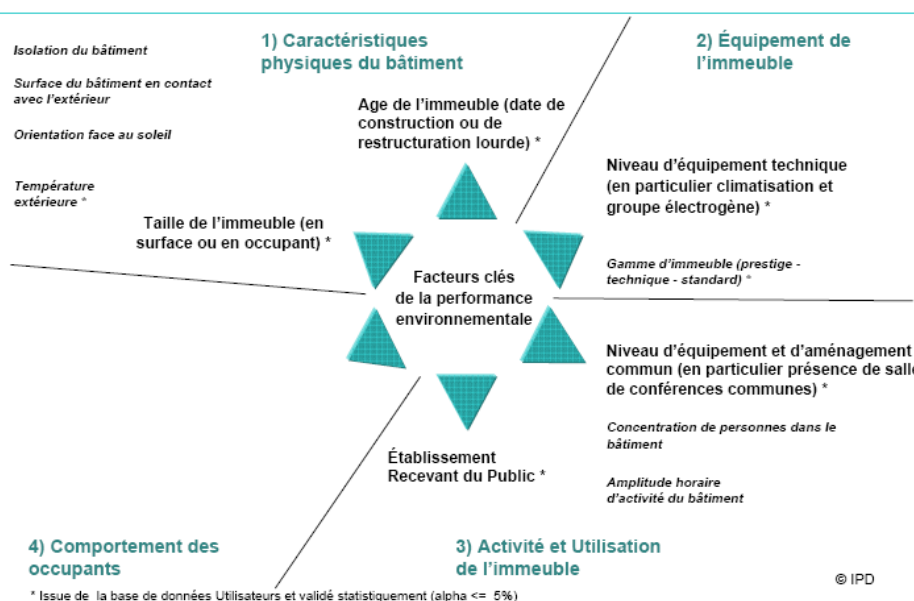


	IGH (20)		Non IGH (138)
Consommation d'énergie (kWh/m²)	325	→	328
Émission de CO2 (Kg eq CO2/m²)	37.8	→	38.5
Consommation d'eau (m3/m²)	0.57	→	0.77
Services aux bâtiments / m²	138	→	101
Sun Bureaux / occupant	11.8	→	12.5
Sun Bureaux / SUBL	0.59	→	0.59
Note CIBE globale	87%	→	80%
État et finitions	79%	→	74%
Equip. technique	95%	→	86%
Amenag. et équip. commun	89%	→	82%
Surface SUBL moyenne	25 466		10 647
Age moyen	1996		1989

© IPD

Figure 35 : Synthèse : les facteurs de la performance environnementale

Synthèse : les facteurs de la performance environnementale ?



© IPD

Les données relatives aux immeubles de bureaux bruxellois ont été recueillies auprès des gérants et propriétaires de parcs de plus de 250.000m² de bureaux. Les données rassemblées concernent les exercices 2006 et 2007 et font état de niveaux de :

- immeuble moyen non climatisé 30 €/m²/an HTVA
- immeuble moyen climatisé et avec services (réception) 40 €/m²/an HTVA
- immeuble tour : 50 €/m²/an HTVA

Commentaires sur les coûts de fonctionnement

L'étude IPD-OPD arrive à la conclusion que, pour l'année considérée, les immeubles élevés ne présentaient pas de surcoûts de fonctionnement dus à leur taille.

La même étude devrait être réalisée pour la Belgique : le parc bruxellois permettrait la constitution d'échantillons significatifs. Cependant, au stade actuel, les données ne sont pas disponibles car il n'existe pas d'accord de mise en commun des données. Dans certains cas (comme, semble-t-il, le Berlaymont de la Commission européenne), c'est le comptage précis qui fait défaut.

Il faut par ailleurs mettre l'étude citée en parallèle avec les travaux du bureau britannique EC Harris (voir ci-dessous). Cette étude constate que les coûts « explosent » entre 20 et 30 étages puis, se stabilisent. Là aussi, comme dans le cas des logements (étude JM Construction), des études de cas pourraient s'imposer, mais se heurtent aussi au manque de transparence.

Les immeubles tours considérés sont des immeubles tours « ancienne » génération mais modernisés ; n'ont été retenus que les immeubles à occupants multiples : IT Tower, Blue Tower, Sablon, Manhattan. WTC 1 et WTC 2 - en rénovation - n'ont pas été retenus.

Si on suppose que les charges d'exploitation sont de 24.000 €/plateau/an, on peut calculer un coût d'exploitation par m² :

Tableau 9

Pays	Surface prise en compte	Charges d'exploitation
Belgique	600 m ²	40 €/m ²
France	500 m ²	48 €/m ²
Royaume-Uni	480 m ²	50 €/m ²
Allemagne	400 m ²	60 €/m ²

On constate que ces coûts sont très variables en fonction de la méthode de calcul des surfaces appliquée.

La méthode belge permet d'afficher un coût d'exploitation par m² faible pour un même plateau de bureaux.

Ce principe peut avoir une répercussion sur la conception des immeubles :

- maximisation des surfaces,
- la rationalisation des espaces servants (services, sanitaires, circulation) non prioritaires.

Autres impacts

Cette diversité au sein des méthodes de calcul des surfaces influe également sur les ratios d'emplois par m², sur la manière dont ceux-ci sont interprétés.

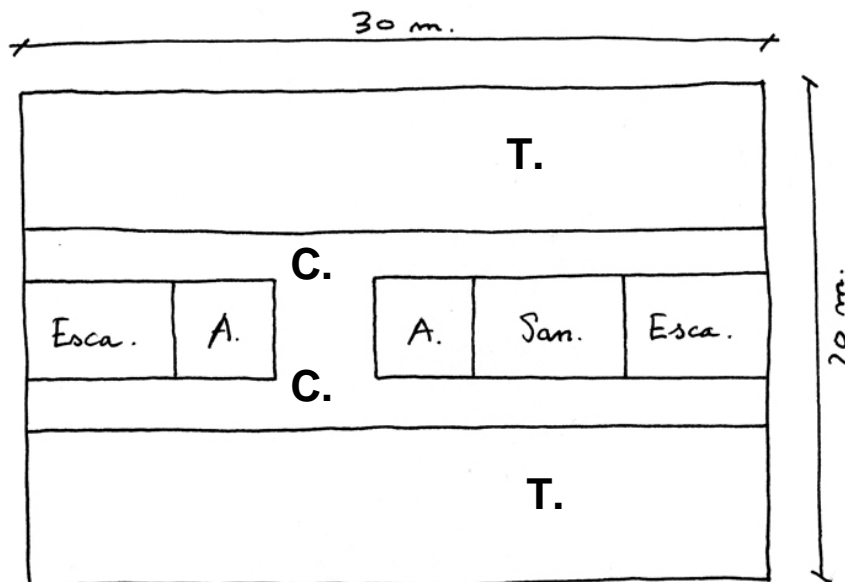
Exemples de coûts d'exploitation en Europe

Calcul des charges d'exploitation en fonction du mode de calcul des surfaces de bureaux dans différents pays européens :

Considérons un plateau de bureaux (30m x 20m) comprenant :

- Des espaces de travail : **T.**
- Deux couloirs de circulation : **C.**
(Reliés par un espace central de distribution).
- Deux noyaux d'ascenseur : **A.**
- Deux cages d'escalier : **Esca.**
- Un bloc sanitaire : **San.**

Figure 36

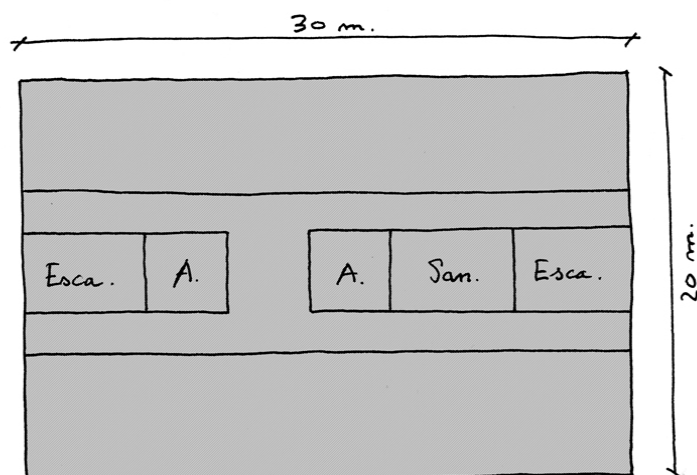


Le mode de calcul des surfaces de bureau est différent d'un pays à l'autre.

Cette diversité de méthode a une répercussion directe sur les données qui nous parviennent et explique les écarts importants que l'on peut constater entre différentes sources de différentes nationalités.

En Belgique :

Figure 37

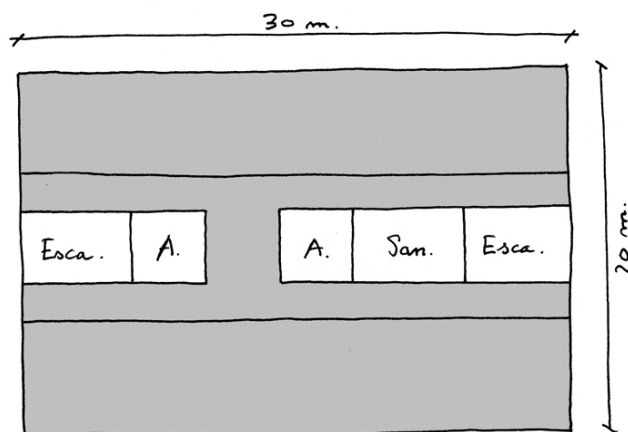


Les surfaces de bureaux sont calculées en surfaces brutes :

→ 30m. x 20m. = **600 m²**

Au Royaume-Uni :

Figure 38

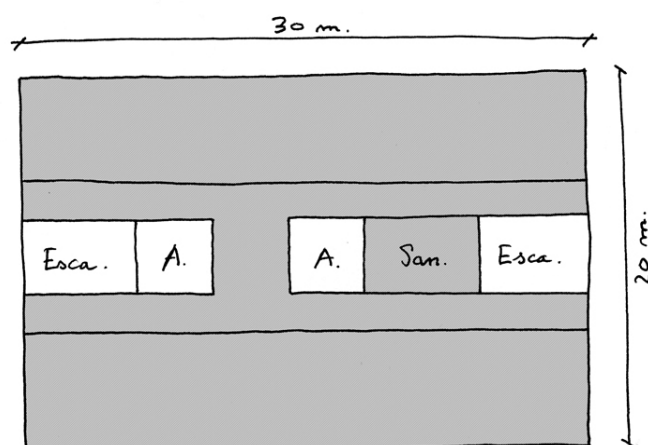


Ce sont les espaces de travail et les circulations qui sont pris en compte :

→ **480 m²**

En France :

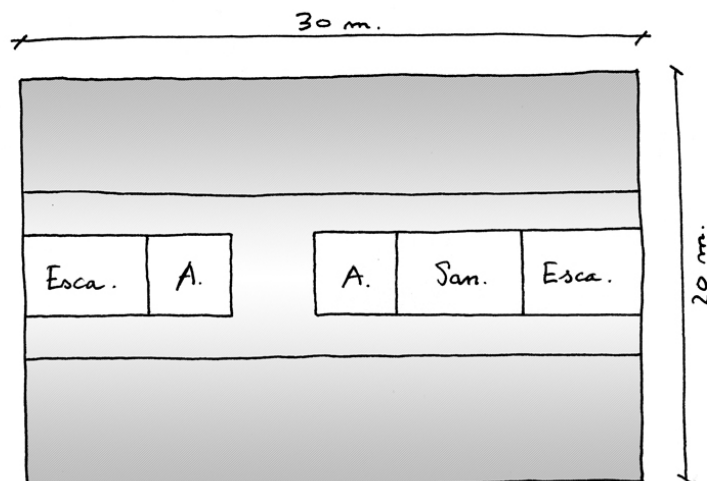
Figure 39



Les espaces de travail, les circulations et les sanitaires sont pris en compte :
→ 500 m²

En Allemagne :

Figure 40



Ce sont les espaces de travail éclairé naturellement jusqu'à une profondeur de 7m.
→ 400 m²

6 Production de bureaux neufs et construction de tours de plus de 20 ans (1957-1988)

Tableau 10 : Relevé de 27 immeubles de plus de 50 m de haut et de plus de 15 étages

	Initial	Actuel
1957	PS	P&V
1958	Rogier	Reconstruit
1963	Industrie	View
1963	Westbury	Reconstruit
1965	Madou	Madou Plaza
1965	Botanique	Botanic
1966	Sablon	Sablon
1966	Louise	Louise
1967	Royale Belge	AXA
1967	Hilton + bureaux	Hilton
1967	Midi (pensions)	Midi (pensions)
1967	Charlemagne	Charlemagne
1969	Philips	Brouckère Tower
1969	Berlaymont	Berlaymont
1969	Crédit Communal	DEXIA
1971	Centre Anspach	Centre Anspach
1971	ITT	IT Tower
1971	Galilée	Galilée
1972	TBR	Projet reconstruction
1972	WTC1	WTC1
1973	Manhattan	Manhattan1/Manhattan 2
1976	WTC2	WTC2
1976	SAIFI	Blue Tower
1976	Astro	Astro
1978	IBM	Police fédérale
1983	WTC3	WTC3
1986	Finances	Finances

Commentaires

Ce relevé de 27 immeubles de plus de 50 m de haut et de plus de 15 étages représente une surface totale hors sol de l'ordre de 1.200.000 m².

Sur ces immeubles :

- 2 ont été reconstruits après démolition,
- 1 était mixte bureaux-logements,
- 3 étaient mixtes bureaux-hôtel,
- 5 étaient mixtes galerie commerciale – bureaux,
- 6 étaient construits à l’usage de siège social,
- 2 étaient construits à destination des Institutions européennes,
- 11 avaient leurs parkings exploités comme parkings publics,
- 7 étaient localisés dans le Pentagone,
- Les 2 plus hauts étaient dus à l’initiative du Ministère des Travaux publics, maître d’ouvrage.

Les années de production étaient assez clairement 1965-1975, décennie dominante, et 1960-1970 comme époque de conception.

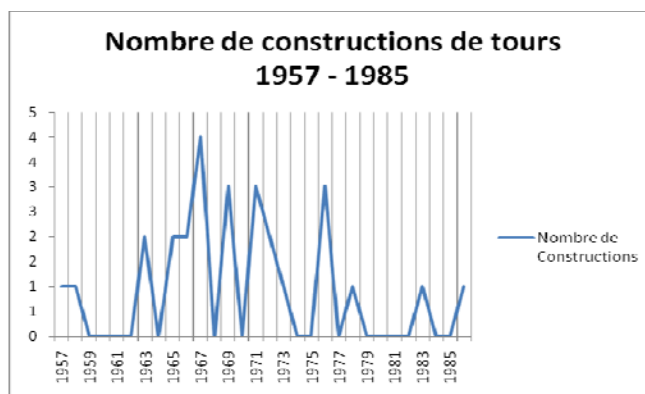
Les immeubles construits par des promoteurs immobiliers sur une base spéculative datent de l’époque 1970-1976 et ont tous eu des difficultés à se louer (P. Laconte, « *Mutations urbaines et marchés immobiliers* », Bruxelles-Louvain, 1978).

C’était cependant le cas de pratiquement tous les immeubles de bureaux terminés entre 1973 et 1978.

Notons enfin qu’à part les deux cas atypiques de la Tour des Pensions et de la Tour des Fiances du Centre Rogier, les plateaux des immeubles de plus de 20 étages avaient une surface brute de bureaux de 650 m² (Sablon) à 1.500 m² (WTC), ceux de 16 étages n’ayant en général pas une morphologie de tour.

Cette morphologie était cependant celle de la première tour démolie à Bruxelles (en 1992) : la tour bleue des AG, rue du Pont Neuf, non retenue (limitée à 11 étages, mixte bureaux-logements avec parkings publics). Cette tour a cependant joué un rôle assez important dans le débat des démolitions.

Figure 41 : Nombre de constructions de tours 1957-1985



Nombre de bâtiments résidentiels construits RBC

Tableau 11 : Nombre de bâtiments résidentiels construits en RBC 1968-1974

	appartements			maisons unifam.	total
	nombre de log.	nombre de bât.	nbre log./bât.	nombre	nombre
1968	5.382	325	16,56	239	5.621
1969	5.464	371	14,73	262	5.726
1970	4.517	305	14,81	237	4.754
1971	3.512	180	19,51	114	3.626
1972	2.953	171	17,27	141	3.094
1973	6.912	259	26,69	232	7.144
1974	5.039	257	19,61	259	5.298
moyenne	4.826	267	18,45	212	5.038

Tableau 12 : Nombre de bâtiments résidentiels construits en RBC 2000-2007

	appartements			maisons unifam.	total
	nombre de log.	nombre de bât.	nbre log./bât.	nombre	nombre
2000	2.322	297	7,82	164	2.486
2001	2.069	333	6,21	215	2.284
2002	2.107	287	7,34	159	2.266
2003	2.742	400	6,86	266	3.008
2004	2.844	401	7,09	245	3.089
2005	3.013	339	8,89	170	3.183
2006	3.599	309	11,65	127	3.726
2007	2.479	243	10,20	86	2.565
moyenne	2.693	330	8,32	181	2.874

7 Adaptation du modèle tour aux petites surfaces de bureaux

L'étude du taux de vacance des immeubles de bureaux (AATL-SDRB 2008) relevait l'existence de petits bureaux à hauteur de 1.500.000m². L'étude de B. Fesler sur la localisation et les caractéristiques des bureaux liés à l'Union européenne a par ailleurs relevé la morphologie des bureaux de représentations liés à l'Union européenne (Isuru 2007). En nous basant sur l'étude Allianz sur l'opinion des petits occupants vis-à-vis des tours de bureaux, nous avons comparé deux extrêmes d'implantations d'un occupant bureau de +/- 300m² bruts (8 postes de travail).

La configuration d'une maison bruxelloise classique occupée en bureaux peut se présenter comme suit :

Tableau 13 : Configuration d'une maison bruxelloise occupée en bureaux

Surface brute	Niveau	Surface nette Éclairage naturel		Surface nette Non éclairée		Circulations (escaliers)	Services
		Nbre pièces	Surface m ²	Nbre pièces	Surface	Surface	Surface
35	3	1	25m ²	-		10m ²	-
60	2	2	50m ²	-		10m ²	-
95	1	2	50m ²	1	25m ²	10m ²	10m ²
95	0	2	40m ²	1	25m ²	20m ²	10m ²
285	Sous-total	7					
40	-1	1	20m ²			10m ²	10m ²
325	Total	8	185m²	2	50m²	60m²	30m²

Si l'on admet qu'une motivation importante d'implantation dans une maison autonome est d'assurer une visibilité et une représentativité optimale, et si l'on admet également qu'une tour - par son caractère emblématique - pourrait offrir une alternative à ces objectifs, quelles devraient être les conditions financières d'un immeuble tour pour offrir une alternative crédible ?

Une partie d'étage de +/- 300m² brut devrait offrir 28m de façade éclairée naturellement pour 8 bureaux de +/- 3,6m de façade.

Ce plateau offrirait une surface privative brute de 236m². Les circulations et services répartis - soit une hypothèse de 280m² bruts - représenteraient de l'ordre de 40m². Le budget serait donc de :

280m ² x 225 € =	63.000 €
280m ² x 50 € =	14.000 €

Total :	77.000 €

soit 6.417 €/mois/unité, montant qui sera à comparer avec les loyers et charges mais aussi avec le prix de vente d'une maison autonome.

Bien qu'une analyse complète des valeurs des coûts des maisons utilisées en bureaux n'ait pas été faite, il semble bien que d'éventuels transferts ne se fassent pas, à grande échelle, sans action volontariste.

Selon les immeubles, la création d'un bureau de 13m² peut nécessiter 25 ou 35m² bruts, et l'implantation de 10.000 personnes 250.000 ou 350.000m², soit une différence équivalente à 2 immeubles de 40 étages.

8 Autres facteurs influençant les surfaces nécessaires

Toujours dans le cadre de l'approche chiffrée de l'impact urbain des immeubles de bureaux, deux facteurs peuvent avoir des conséquences importantes :

a) *Le mode de mesure*

- surfaces hors sol/sous sol
- surfaces nettes/brutes
- surfaces avec ou sans circulations
- surfaces parachevées ou non parachevées
- surfaces éclairées ou non

Ainsi, dans l'exemple ci-dessus d'une tour de 40 étages, la surface nette éclairée est de +/- 50% de la surface brute hors sol. Les modes de calcul varient selon les pays (voir à ce sujet les codes de mesurages RICS).

b) *La surface des locaux techniques*

Du point de vue de l'implantation, ceux-ci peuvent se répartir en :

- étages techniques
- locaux d'étages
- locaux souterrains

Selon les cas, ces locaux peuvent représenter de 5 à 15% de la surface brute, soit par exemple pour 400.000m², une surface de 40.000m².⁸

La surface des locaux techniques dépend non seulement des techniques choisies mais aussi de leur mode de distribution, l'existence de réseaux centralisés de distribution d'eau chaude et glacée (Kirchberg, La Défense) réduisant les surfaces nécessaires.

Sur base de comparaisons internationales, il semble que le seuil à partir duquel une diminution significative des charges foncières puisse se répercuter sur les prix se situe actuellement autour de 5.000€/m² (prix de vente).

⁸ Certains acteurs immobiliers interrogés ont considéré que la question n'était pas relevante car le mode de calcul pratiqué en Belgique pour le mesurage de locaux techniques permettait de les inclure dans les surfaces brutes.

Dans le marché actuel de la Région de Bruxelles-Capitale, la tour de logements resterait alors :

- soit un « objet de luxe » ;
- soit une réponse ponctuelle dans certains quartiers dans lesquels peu de terrains resteraient disponibles (quartier européen, Sablon) ;
- soit le moyen de rendre habitables de nouveaux sites sans grandes infrastructures de voiries ;
- soit un facteur de mixité.

La question de la mixité fonctionnelle a également été abordée ; elle ne semble pas poser de problèmes insolubles en ce qui concerne la cohabitation de commerces, de bureaux et d'hôtels. Par contre, la réalisation d'immeubles mixtes bureaux-logements se heurte quelle que soit la taille des immeubles, aux pratiques actuelles des marchés immobiliers concernés. Les projets d'immeubles significativement mixtes émanent d'un promoteur, Atenor, qui semble le seul à s'intéresser à de tels projets.

L'obstacle principal ne semble pas d'ordre technique ; au contraire, sur le plan énergétique, le principe de récupérer la chaleur produite par les bureaux pour chauffer les logements est de plus en plus envisagée. Mais les grands obstacles sont d'ordre financier, juridique et commercial :

Financier : les investisseurs en bureaux locatifs privilégient les immeubles monofonctionnels et sans copropriété ; ils ne semblent pas disposés à investir en logement locatif. Par contre, en logement, les prix les plus élevés sont payés par des propriétaires occupants. L'obstacle juridique (voir ci-après) a alors des conséquences financières : comme de nombreux investisseurs utilisent l'effet de levier et empruntent (jusqu'à 65% de leur valeur pour les sicafis), la création de nouveaux produits nécessite l'accord d'un acteur supplémentaire.

Juridique : la plupart des réglementations relatives à la copropriété sont jugées trop contraignantes et s'ajoutent à la complexité plus grande des immeubles mixtes. Cependant, une certaine sophistication du statut du sol (superficie, usufruit, emphytéose) semble maintenant tout à fait admise et assimilée et pourrait constituer une piste de réflexion.

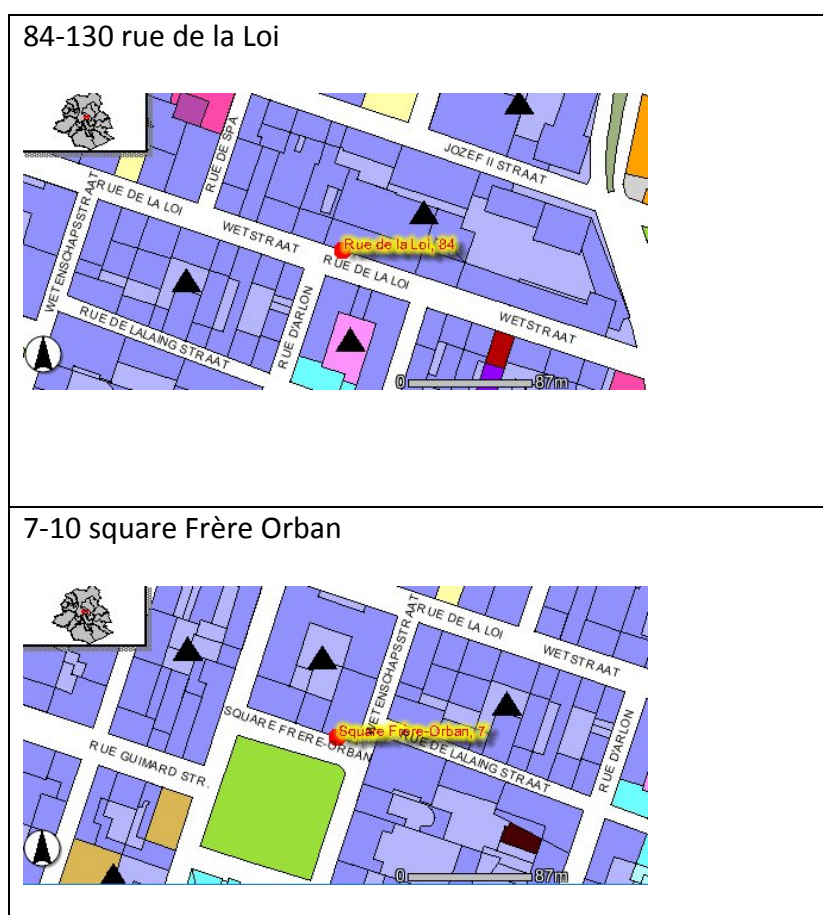
Commercial : le problème est déjà considéré comme complexe au niveau de la promotion immobilière (première occupation) ; il l'est encore plus au cours de la durée de vie des immeubles : les marchés secondaires sont très différents selon les secteurs ; la durée de vie des différentes fonctions est, à tort ou à raison, jugée très différente ; enfin, paradoxalement, le changement d'affectation risque d'être plus difficile dans une structure juridique et financière plus complexe.

9 Cas d'application de la réalisation d'immeubles de bureaux de grande hauteur et de grande capacité

Le regroupement de services de la Commission européenne dans le Quartier Léopold est clairement d'actualité et a fait l'objet du schéma directeur de la Région de Bruxelles-Capitale ainsi que de déclarations conjointes du Ministre Président de la Région et du Commissaire européen Siim Kallas.

Cette préoccupation semble même être prioritaire pour la Région et la question de la création ou de la modernisation de 400.000m² de bureaux en immeubles de minimum 50.000m² chacun est posée.

Tableau 14 : Quartier Européen : sites présentant des opportunités de redéveloppement 2008-2015



Les critères de sélection des sites ont été :

- immeubles n'ayant pas été rénovés depuis 2001,
- terrains de plus de 2.000 m²,
- absence d'immeubles classés ou protégés sur le site,
- périmètre urbain Loi + îlots limitrophes (toutes fonctions).

Les potentialités sont :

- site 1 :	40.000 m ²
- site 2 :	200.000 m ²
- site 3 :	50.000 m ²
- site 4 :	50.000 m ²
- site 5 :	28.000 m ²
- site 6 :	30.000 m ²
- site 7 :	50.000 m ²

	448.000 m ²

Le problème posé était le suivant : est-il possible de regrouper dans le périmètre 400.000m² de bureaux répondant aux normes de la Commission européenne (Blue Book) ; l'immeuble tour permet-il une densification ?

Si l'on prend comme objectif une largeur vitrée de 2,50m par personne (et une profondeur de 5m, soit 12,50m² nets), une entité de 50 personnes représenterait 125m de façade plus 25m d'angles, soit 150m courants, soit un carré de 37,50m de côté et une surface brute de 1.406,25m². La surface nette, couloirs compris, peut être évaluée à 854m² et le noyau central à 552,25m².

Aux étages supérieurs, au-delà du 20^{ème} étage, un patio sur 10 niveaux pourrait être créé, soit 16 bureaux supplémentaires⁹. 40 étages utiles représenteraient 2.160 bureaux individuels et une surface rez compris de 56.656,25m², soit 26,70m² bruts par bureau d'une personne de 13m².

Bien entendu, il faudra tenir compte de locaux collectifs, mais l'immeuble dispose pour cela, hors circulations verticales, de +/- 15.000m² situés principalement aux étages inférieurs.

L'inscription d'un tel immeuble dans un terrain de 80m x 80 m (6.400m²) donne une empreinte b/s de 22% et une distance entre bâtiments élevés de 40% de la hauteur.

Par comparaison, un immeuble moins élevé érigé sur la totalité de la même parcelle de 6.400m² donnerait :

⁹ rendus possibles par la diminution de l'emprise des circulation

Tableau 15

Gabarits	Nombre de bureaux	Surface brute
Bureaux	188	
Plateau		4.800 m ²
R + 7	1.316	38.400 m ²
R + 11,5	2.162	60.000 m ²
R + 15	2.820	76.800 m ²

En remplaçant deux ailes de 20m par trois de 13m, la capacité passerait à 220 bureaux par étage, soit :

Tableau 16

Gabarits	Nombre de bureaux	Surface brute
Bureaux	220	
R + 7	1.540	m ²
R + 10	2.200	55.440 m ²
R + 15	3.300	80.650 m ²
Plateau		5.040 m ²

Une tour de 30 étages donnerait ($h = l \times 2,70$) :

Tableau 17

Gabarits	Nombre de bureaux	Surface brute
R + 30	1.700	43.593,75 m ²

Présentation schématique

Figure 42 : Tour de 40 étages sur une parcelle de 80m x 80m

B/S = 40 x 40 soit 25 % - PSe 40 étages : 54.000, soit 8,40%

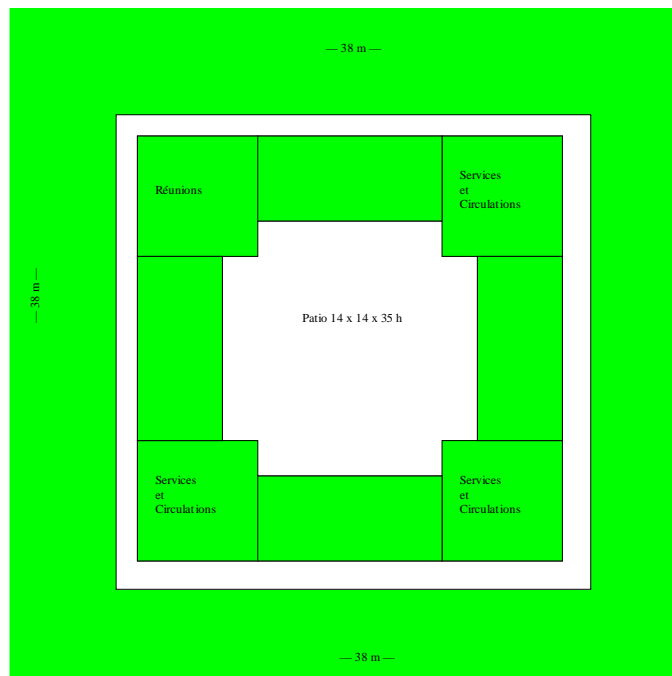


Figure 43 : Implantation d'un immeuble "bloc" sur une parcelle de 80m de côté

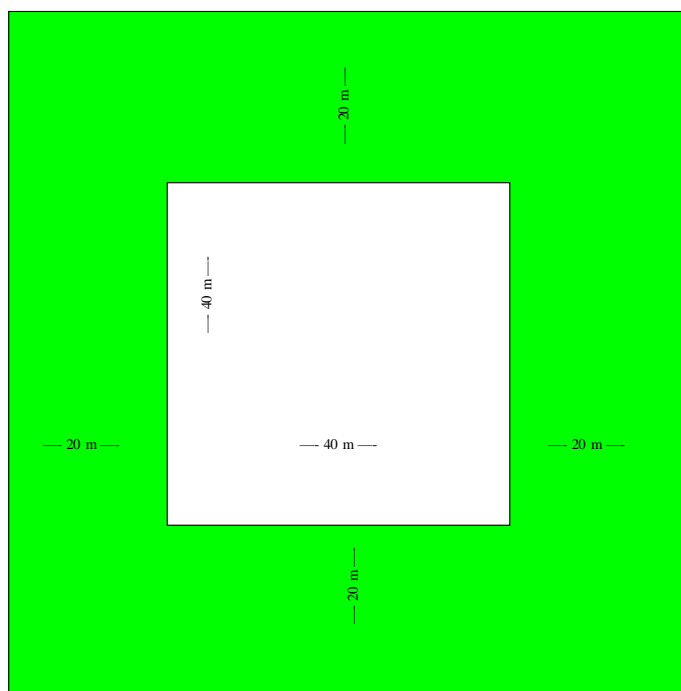
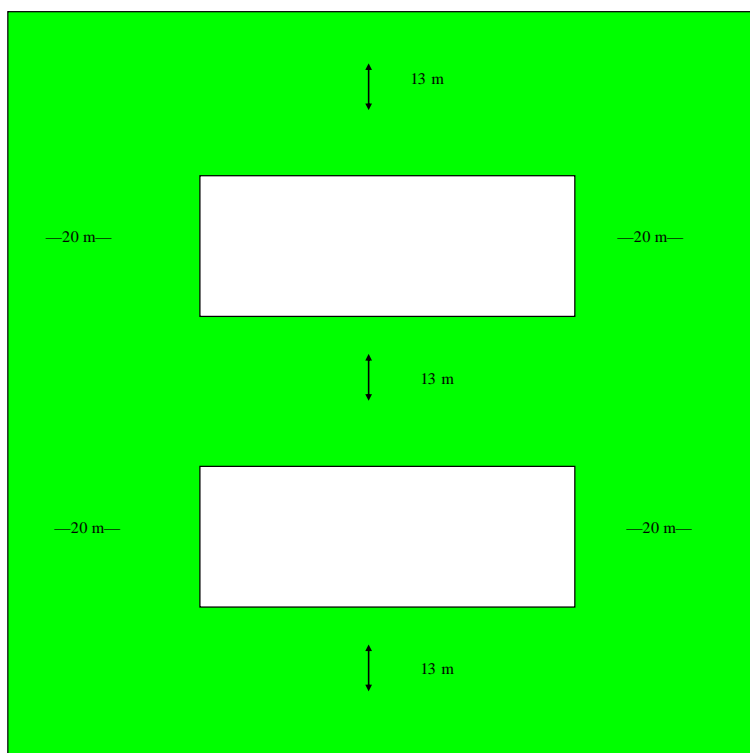


Figure 44 : Implantation d'un immeuble « bloc » sur une parcelle de 80m de côté avec 3 ailes de 13m



La comparaison de ces immeubles théoriques avec cinq immeubles-tours récents donne :

Tableau 18

	Deutsche Post	Dexia ¹⁰	Commerz bank	Adia	Conde Nast	N.Y. Times
Surf totale m ²	65.323	60.000	100.000	87.301	148.650	143.639
Surf étage m ²	1.534	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	2.500-
Postes de trav	+/- 2.000	3.000	n.c.	1.100	n.c.	2.500+
Hauteur (m)	162	73	258,70	-	247	228
Étages	45		53	38	48	52

Ces diverses comparaisons doivent bien entendu être affinées en fonction de chaque cas précis. Le choix du mode de fonctionnement et d'implantation des postes de travail a un impact essentiel sur la configuration de l'immeuble.

¹⁰ A titre de comparaison, les plateaux 10 à 20 de la tour Dexia Place Rogier présentent les caractéristiques suivantes :

- surface brute : +/- 2.240m²
- façade
- nombre de bureaux de 2,50m : 67
- m² bruts par bureau : 35m²

Remarque : la profondeur maximale de 7m, couloir compris, nous paraît cependant être une base de travail très acceptable :

- elle correspond aux réglementations allemandes et françaises
- elle utilise des portées standard
- elle permet un éclairage naturel
- elle est compatible avec une ventilation naturelle
- elle permet de choisir entre bureaux cloisonnés et paysagers
- elle facilite, selon nous, les reconversions
- elle correspond à une tendance internationale (cfr par exemple, l'évolution de la conception du nouvel immeuble du New York Times).

Il est difficile de dire, à 10% près, si l'immeuble élevé est plus ou moins efficace. Nous proposons de considérer que l'efficacité est égale.

Notons qu'en cas d'occupant unique, il paraît judicieux de relier deux étages par un escalier en un compartiment fonctionnel de 2.500m² maximum.

Bien entendu, il s'agit d'immeubles théoriques et la qualité des conceptions architecturales pourra les améliorer. Il devrait donc s'agir de normes de références minimales.

S'il y a équivalence de rationalité, on en revient à la question des coûts de construction sans doute plus élevés, à compenser par des charges foncières moindres et donc par une densité plus élevée.

10 Possibilités et limites de la mixité fonctionnelle dans les immeubles hauts

Le secteur immobilier s'est de plus en plus spécialisé en Europe, depuis les années '70, en termes de fonctions :

- bureaux
- centres commerciaux
- appartements
- entreposage
- parkings

Depuis le renouveau du marché de l'habitation, des promoteurs de bureaux sont devenus ou redevenus actifs dans ce secteur. Cependant, les immeubles mixtes ne sont pratiquement plus développés. Plusieurs raisons sont avancées :

- spécialisation des quartiers
- différences de fiscalité
- inconvénients des copropriétés, les modes d'occupation étant différents (locatif en bureau, acquisitif en logements)
- incertitude quant aux préférences des occupants vis-à-vis de la mixité
- problèmes de sécurité vis-à-vis des occupants des bureaux

Or, l'augmentation de la taille des tours mène à une mixité croissante des fonctions (voir par exemple à ce sujet G. Binder 2007). On peut en déduire que la réalisation d'immeubles de grande hauteur à Bruxelles serait l'opportunité de réaliser des immeubles mixtes répartissant le risque entre plusieurs fonctions, mais que cette opportunité n'a pas encore été utilisée (sauf dans les projets Atenor).

La réalisation d'immeubles mixtes se heurte cependant à des obstacles inhérents à l'organisation même des professions immobilières : les agents, gestionnaires de fonds, garants, bureaux d'études, et bureaux d'architecture - même de grande taille - sont de plus en plus spécialisés, contrairement à ce qui avait pu être observé de 1970 à 1990. Cette spécialisation n'est plus géographique : au contraire, l'internationalisation des produits se développe et les tours de bureaux de New York, Londres, Hong Kong, Dubaï, Shanghai ou Varsovie sont assez comparables. C'est plutôt au niveau des fonctions que les spécialisations interviennent : centres commerciaux, hôtels, bureaux, sites de loisirs, appartements.

La césure est moindre au niveau de l'urbanisme et la mixité devient réelle au niveau des quartiers. Elle reste souvent théorique au niveau des immeubles et il faudra sans doute attendre l'une ou l'autre réalisation emblématique (comme la tour phare de la Défense à Paris) pour que des orientations puissent être dégagées.

1. Une première catégorie de mixité propre aux immeubles élevés serait de faire cohabiter, avec les immeubles tours, des fonctions à faible gabarit¹¹ :
 - grande surface commerciale
 - galerie
 - théâtre
 - lieux de culte
 - équipements sportifs
 - salles d'exposition
 - parcs
 - gares

L'implantation de supermarchés a été systématiquement pratiquée par les promoteurs immobiliers des années '60, le développement des appartements ayant coïncidé avec celui de ces grandes surfaces, et la croissance démographique induisant des demandes dans tous les secteurs.

2. Deux autres formes de mixité sont assez couramment pratiquées dans les tours de bureaux :
 - parkings publics
 - rez commerciaux
3. La coexistence de fonctions dans les étages des tours était assez courante :
 - Hilton à Bruxelles : chambre d'hôtel
bureaux
restaurant (+1, +27)
 - Westbury à Bruxelles : magasin
hôtel
bureaux
 - Centre Rogier à Bruxelles : bureaux
appartements
commerces (horeca)
théâtre

et est largement pratiquée à l'étranger, notamment dans les immeubles les plus chers.

Le principal obstacle semble actuellement être, à Bruxelles, la structure de propriété : les grands bureaux sont le plus souvent locatifs, les logements neufs vendus en milieu urbain sont majoritairement acquisitifs, ce qui n'est pas le cas partout. Dans les années '60, la création de copropriétés était l'un des principaux modes de financement des grands immeubles (l'autre étant la pré-location de bureaux). Entre temps, les outils financiers permettant d'acquérir de très grands immeubles se sont mis en place, et l'unicité de propriété a mené, comme en outre les investisseurs se sont spécialisés, à l'uniformité des fonctions.

¹¹ voir également 5.11 ci-après, impact sur les prix

Quid, enfin, de la polyvalence dans le temps des étages des immeubles élevés ? Trois fonctions pourraient se succéder : hôtel, bureaux, logements.

11 Différenciation des prix de vente des logements en fonction de la hauteur

Si l'on admet que l'immeuble-tour ne peut réduire les prix de revient de manière significative, qu'en est-il des prix de vente ?

En outre, si l'on prend en compte un surcoût de 20% des charges de consommations communes, ainsi que des surcoûts potentiels de rénovation, ceux-ci vont-ils se refléter négativement sur le prix de vente (et les loyers) ou être compensé par d'autres postes ?

Si l'on prend comme hypothèse que 5% des acheteurs d'appartements neufs sont prêts à habiter dans un immeuble-tour et que 20% de ceux-ci sont prêts à surpayer cette acquisition, cela nous donne :

Production annuelle de 2.500 appartements neufs x 5% = 125 appartements en immeubles élevés

20% de 125 = 25 appartements dans les étages les plus élevés.

La durée de commercialisation d'un immeuble-tour pouvant se répartir sur 3 ans, cela correspondrait à 375 acquéreurs potentiels dont 75 pour les appartements les plus chers.

Il faut vraisemblablement ajouter à cela une demande de rattrapage qui, faute de chiffres plus précis, pourrait être estimée à 3 ans.

A hauteur de 150 logements par tour (100% habitat), cela représenterait 5 immeubles-tours sur une période de 3 à 5 ans.

Cette estimation pourrait être affectée par deux facteurs :

11.1 La cohérence prix/marché

Elle dépend de la localisation et des produits. La tour permettant une diversité de tailles de logements et des prix imposant un positionnement assez haut de gamme, quelles sont les localisations les plus cohérentes avec le marché et peut-on dégager des critères ?

1.1 Accessibilité

1.2 Transports publics

1.3 Proximité d'un grand équipement « plat ». Exemples :

- parc : Botanique
- gare : Midi
- école
- université
- centre sportif : Forest
- musée : Moma à New York

- canal
- équipement commercial : Etrimo

Il faut cependant s'attendre à ce que, en cas de dépression du marché, les tours soient les plus atteintes.

11.2 La diversification des prix, le dégagement de plus-values foncières éventuelles et l'affectation de celles-ci notamment en logements conventionnés

Le tableau ci-après répartit un prix moyen théorique de 2.800 € entre les différents étages et les compare avec la répartition de prix d'un immeuble moyen (7 étages) au même prix/m².

Tableau 21

	Prix de vente/m ²	Indice de répartition des charges
30	4000 €	125%
29	3950 €	125%
28	3900 €	125%
27	3850 €	125%
26	3800 €	125%
25	3700 €	125%
24	3500 €	125%
23	3500 €	100%
22	3400 €	100%
21	3300 €	100%
20	3200 €	100%
19	3100 €	100%
18	3050 €	100%
17	3000 €	100%
16	2500 €	100%
15	2800 €	100%
14	2800 €	100%
13	2800 €	100%
12	2800 €	100%
11	2800 €	100%
10	2800 €	100%
9	2800 €	100%
8	2800 €	100%
7	1200 €	75%
6	1200 €	75%
5	1200 €	75%
4	1200 €	75%
3	1200 €	75%
2	1200 €	75%
1	1200 €	75%

La répartition des prix ne résout cependant pas l'inadéquation du niveau de charges des immeubles élevés aux revenus des occupants des logements moyens.

Cependant, l'art. 577/2/§9 du Code civil (modifié en 1994) prévoit que les charges communes sont réparties en fonction de la valeur de l'usage ou d'une répartition des deux à fixer par le règlement de copropriété.

Une répartition de ces charges selon les prix (écarts de 1 à 3,3) serait sans doute trop radicale, même si l'on peut défendre que l'usage de nombreux équipements communs est proportionnel à la hauteur.

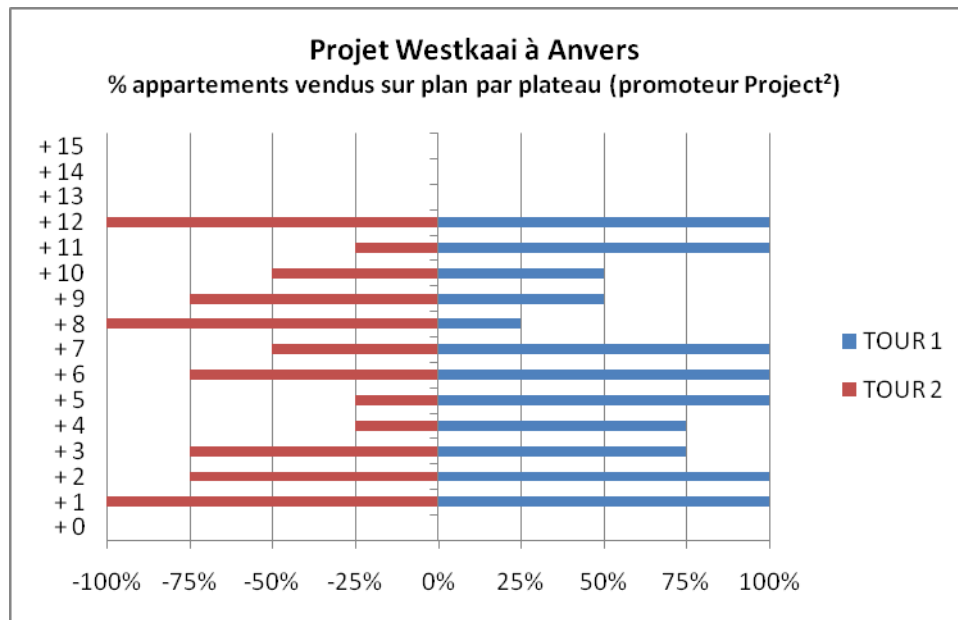
Une pondération de 1 à 1,66 (75 à 125) serait sans doute plus acceptable. pour un niveau de charges de 30 €/m²/an, l'écart serait de 22,50 € à 37,50 €/m² soit pour 80 m² de 150 à 250 €/mois, soit 25% à 15% du loyer estimé.

Notons toutefois que si le raisonnement se tient juridiquement et logiquement, il ne correspond pas encore vraiment aux pratiques immobilières les plus usuelles.

Conclusion

Le raisonnement développé repose sur l'idée que l'intérêt économique de la tour ne dépend pas de l'optimisation des coûts fonciers mais sur l'augmentation d'une partie des prix de vente. Un second intérêt serait d'augmenter la densité à certains endroits déjà équipés ou à équiper.

Figure 45



CONCLUSION

L'analyse a porté sur le marché des bureaux et sur le marché résidentiel non subsidié. Les affectations en hôtels, écoles, etc. n'ont pas été étudiées. La question de la mixité a fait l'objet d'un examen spécifique.

Dans le domaine des bureaux, diverses constatations ont pu être faites :

- les immeubles tours s'adressent essentiellement à de grands occupants, ce qui donne à penser que le facteur de surfaces est plus important que le facteur de hauteur ;
- les perspectives de demande nette en surfaces de bureaux restent limitées tant sur le plan global (take up net global) que sur le plan sectoriel (croissance de l'emploi dans les différents secteurs, besoins des institutions internationales) ;
- au niveau des valeurs et loyers actuels, l'augmentation de la densité bâtie ne diminue pas significativement les coûts ;
- cependant, la question de l'augmentation de la densité nous semble liée à celle du « marché des droits », distinct de la problématique des charges d'urbanisme ;
- la demande en bureaux étant une demande de transfert, deux cas de figure très différents peuvent se poser :
 - le regroupement d'immeubles moyens dans la tour de la Cité administrative ou dans des bâtiments à usage de la Commission européenne ;
 - le regroupement de petits (< 500m²) occupants dans un immeuble emblématique.

Le premier cas amène à une recentralisation des bureaux dans les quartiers déjà administratifs et ne résout pas le problème de la réutilisation des immeubles devenus vacants.

Dans le second cas, la réutilisation d'immeubles quittés ne devrait pas être un problème et pourrait même être un objectif. Par contre, le problème est celui de la motivation des occupants.

Dans le secteur de l'habitation, la constatation principale est que, dans le cadre actuel des prix de vente des logements neufs non subsidiés des secteurs moyen et moyen/supérieur (de 1.750 € à 3.000 €), la diminution des charges foncières ne semble pas réduire significativement le prix et donc l'accessibilité financière des logements urbains. En effet, l'essentiel du gain foncier est absorbé par des surcoûts de construction, par l'allongement des durées de chantier, et par des rapports de surfaces nettes/brutes défavorables. A cela s'ajoute une prise de risque difficile à évaluer dans un marché où le phasage semble se substituer aux études de marché.

Impacts sur les prix de vente

L'analyse hédonique montre que les étages élevés sont préférés pour des raisons de vue et de pollution (bruits, poussières etc.).

L'analyse des transactions (844) relatives à un immeuble de 56 étages construit en 2001 ; l'étude de cas met en lumière l'importance du facteur « *vue* » comme plus important que le facteur « *étage élevé* ».

Cependant, alors que la courbe des coûts a une forme en J, la courbe des reventes a une courbe en U. En effet, un immeuble de 30 étages a un ratio net/brut de 85% contre 75% pour un immeuble de 60 niveaux.

Dans le cas étudié, l'optimal théorique se situe à 65 niveaux et l'immeuble réel comporte 57 niveaux. Cependant, l'optimal théorique de 65 étages est dû au fait que certains appartements ont vue sur la mer, ce qui engendre une plus-value importante à la vente. Sans le facteur « *vue* », l'optimal serait de 56 niveaux.

L'effet « *vue* » est donc important mais doit être pondéré par le fait qu'il est pratiquement impossible d'avoir une vue « *hors normes* » sur 360°.

Cependant, cet impact est certainement pris en compte car la plupart des immeubles les plus élevés de l'échantillon bénéficient d'une vue valorisante et étendue.

Notons enfin que ces différentiels de valeurs peuvent avoir des impacts juridiques indirects. La loi belge sur la propriété prévoit que la valeur des lots est prise en compte pour déterminer les millièmes. Par ailleurs, certaines copropriétés prévoient des quotités ascenseurs croissant avec la hauteur. Le cumul des deux peut avoir un impact non seulement sur les coûts mais aussi sur leur répartition.

Il faut également rappeler que l'ensemble de ces analyses se base sur un prix du sol défini et non sur des valeurs d'imputation.

Par ailleurs, ces modèles s'adressent à des marchés dans lesquels la demande est relativement élastique.

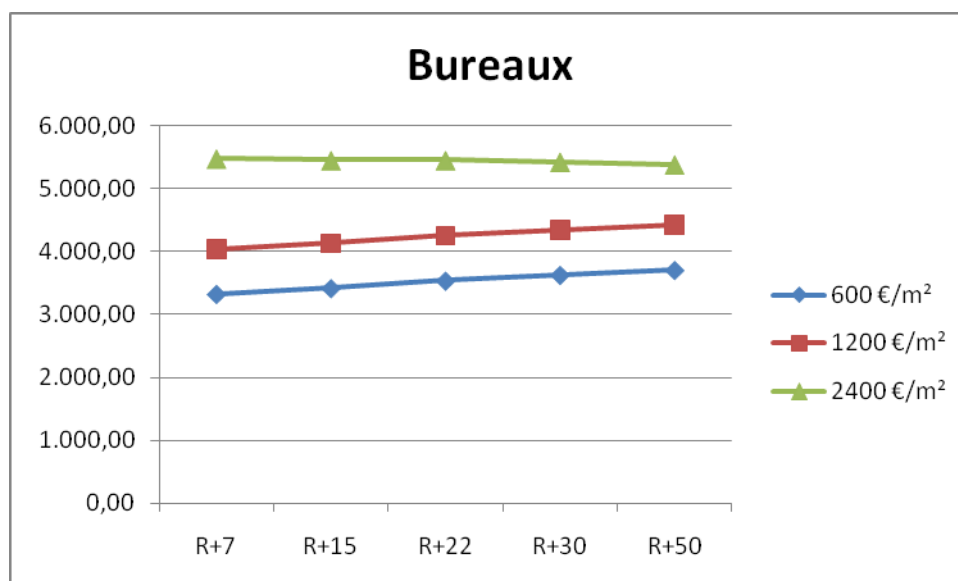
Ces analyses peuvent être utilisées pour différentes raisons : elles peuvent servir de base à des règlements ainsi qu'à la détermination des droits fonciers. Dans la mesure où le facteur « *vue* » est important, elles peuvent jouer un rôle dans les relations entre propriétaires.

Elles peuvent aussi être utilisées par les urbanistes et aménageurs publics et privés pour définir les gabarits, densités et implantations d'un territoire, calculs dont les conclusions peuvent être variables selon qu'il s'agisse d'immeubles de logements, bureaux, hôtels ou mixtes.

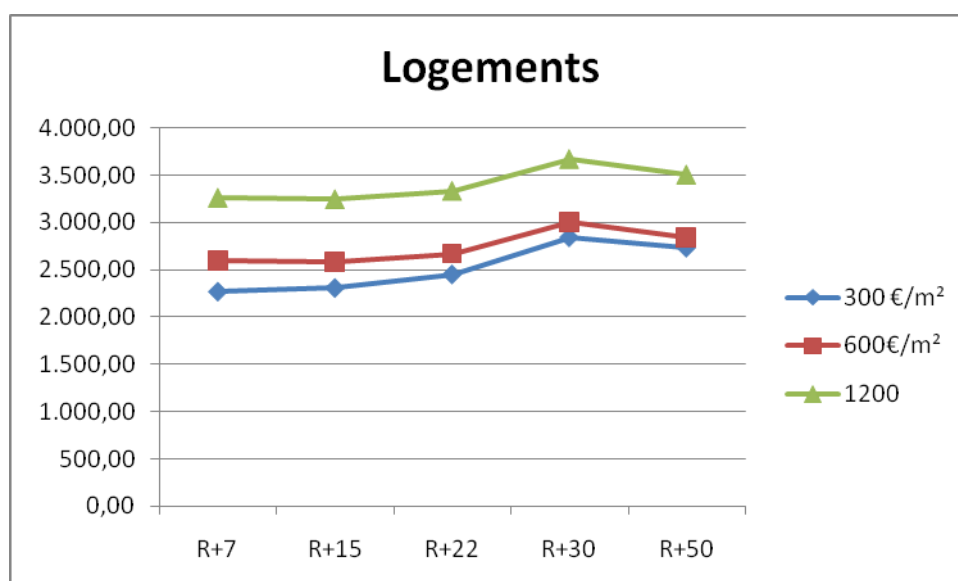
Cette approche pose également le problème de la densité urbaine. En effet, seuls les facteurs de rentabilité des opérations immobilières ont été pris en compte. D'autres facteurs comme l'équipement en services collectifs des territoires concernés doivent également être pris en compte, ces études définissant certaines limites et potentialités de prise en charge de ces équipements par les développeurs des projets.

En conclusion, nous estimons que :

1. L'intérêt de construire des immeubles-tours pour réduire l'imputation terrain par une plus grande densité ne semble réel que lorsque cette imputation terrain dépasse 30% du prix de vente. En deçà, les surcoûts de construction absorbe le gain foncier.



Ce tableau montre que les gains en prix ne s'obtiennent que lorsque la valeur du foncier est élevée : ici 45% du prix total dans l'hypothèse de 2.400 €/m² : 25 à 30% à 1.200€/m² et 20% à moins de 600€/m².



Les courbes sont plus contrastées que dans les bureaux, même à 1.200€/m² (34%) ; l'intérêt du R + 30 disparaît. C'est le R + 15 qui reste optimal dans tous les cas de figure, sauf R + 7 à 300€/m².

2. L'équilibre économique des immeubles-tours dépend plus que d'autres projets du niveau de la prime de risque, elle-même liée aux taux d'intérêt. Cette prise de risque dépend de la structure des opérations, de la taille des marchés concernés et des taux appliqués aux opérations immobilières.
3. Lorsque l'imputation foncière est inférieure à 50% du prix, les coûts de construction ont un impact déterminant. Ceux-ci ont pu être approchés mais il n'existe pas encore un « *marché* » des immeubles-tours en Belgique.
4. La question des parkings a un impact important à partir de 16 étages lorsque la construction de 4 sous-sols dépasse l'empreinte bâtie. La tour étant en théorie située à proximité de transports publics, l'examen des marchés immobiliers et fonciers à proximité de stations de métro et gares fait apparaître cependant des potentialités limitées, soit pour des raisons de protection patrimoniale, soit parce que le seul foncier potentiellement disponible suppose la démolition de bâtiments existants. L'augmentation des gabarits et densités sert alors à financer la reconstruction sans profit annexe.

Les terrains disponibles sont bien entendu plus nombreux en dehors des nœuds de communication. Le financement des transports par la densité se heurte alors à des questions de tailles de marchés, donc de délais de réalisation. A rebours, il serait alors utile de se demander, sur cinq ou six localisations cohérentes avec ce marché, quels seraient les coûts optimaux de création de nouveaux nœuds ?

5. Sur le plan des opérations immobilières analysées, il semble bien que les valeurs actuelles de marché ne prennent pas encore en compte les coûts différentiels d'exploitation, d'entretien, et la durée de vie. Si tous les acteurs s'accordent à dire que les coûts de consommation sont une préoccupation, les méthodes d'expertise et d'analyse de marché actuellement observées ne permettent pas de dire que ces facteurs sont quantifiés. Dans le domaine des bureaux par exemple, il ressort clairement des opérations de ces cinq dernières années que la fiscalité a fait l'objet d'études et de préoccupations plus nombreuses et pointues que les questions de durabilité (déclarations d'acteurs sur le montant des honoraires concernés)¹².
6. Les motivations économiques de construire des immeubles-tours pourraient être soit ponctuelles soit globales. La plupart des cas examinés semblent ressortir de considérations ponctuelles. Lorsqu'elles ont pu être perçues, les considérations globales semblent plus relever de motivations liées à l'image (les quatre tours de l'avenue Louise

¹² Hors maîtrise d'œuvre, l'essentiel des honoraires va à l'intermédiation et la fiscalité beaucoup plus qu'aux études de marché et environnementales. Il s'agit de proportion par opération mais surtout de volume total par rapport au marché.

dans les années 60, la compétitivité internationale sur les immeubles phares et l'expression architecturale contemporaine) actuellement qu'à une logique économique. Celle-ci supposerait tout d'abord que la tour permette une plus forte densité, ce qui n'est pas toujours le cas.

Il existe cependant une logique commerciale lorsque la taille de la tour permet des services multi occupants (IT Tower).

7. Particulièrement dans la Région de Bruxelles-Capitale, la réalisation de grands immeubles pose la question de la mixité lorsque ces grands immeubles ne sont pas destinés à de grands occupants. Dans le domaine de la mixité, le comportement des acteurs a jusqu'ici été plus déterminant que la logique des chiffres.

En théorie, les immeubles mixtes, et en particulier les immeubles hauts, permettent :

- 1) une meilleure répartition des risques commerciaux,
- 2) un meilleur service aux occupants,
- 3) une meilleure utilisation des parkings et infrastructures,
- 4) une optimisation des circulations verticales,
- 5) des économies potentielles en matière énergétique,
- 6) des cycles de vie différents,
- 7) des potentialités de mutations fonctionnelles dans le temps.

Dans la pratique, les acteurs immobiliers n'en veulent pas (cfr les études, réunions, concertations et approches réalisées par le Fonds Quartier Européen), les raisons étant :

- les préoccupations de sécurité,
- la non mixité définitive de certains quartiers,
- la spécialisation des acteurs,
- l'incompatibilité des structures de financement,
- la différence des structures fiscales.

Seule une modification radicale de l'environnement économique pourrait semble-t-il être de nature à modifier cette opinion.

Le contexte économique actuel va-t-il apporter ce changement ? Il est trop tôt pour le dire, les premières réactions allant beaucoup plus vers un report des projets que vers une modification de ceux-ci.

8. Sur le plan de l'économie foncière, on peut enfin s'interroger sur la réutilisation, soit dans le voisinage soit à l'échelle régionale, des terrains libérés par la surdensité. On peut supposer que si les tours s'implantent à proximité de nœuds de transports publics, il ne sera pas très logique de « libérer » beaucoup de terrains à proximité. Cet équilibre paraît plus facile à trouver à l'échelle régionale. Les tours faciliteront-elles la réalisation des fonctions faibles dont la Région a besoin : logements abordables (en cohérence avec les revenus), espaces collectifs, équipements scolaires par exemple et ce, soit par le bais de la libération de sols non viabilisés, soit par mixité des immeubles ou opérations. Dans cette optique, et compte tenu des capacités régionales d'absorption en espaces bâtis, les tours seraient une alternative à l'utilisation des réserves foncières qui seraient alors réservées – est-ce souhaitable ? – à de grands équipements.

Au cours de l'étude, nous n'avons pu mettre en lumière que, dans le contexte bruxellois, localiser des fonctions faibles (ou mélanger celles-ci avec des fonctions fortes) dans des immeubles élevés pourrait faciliter la réalisation de ces fonctions.

L'alternative est alors de faire appel à des mécanismes de compensation soit directes mais difficiles à réaliser en l'absence de réglementation régionale des coefficients d'occupation des sols¹³, et surtout de normes méthodologique uniformes, soit indirects par relâchements ciblés de la pression foncière.

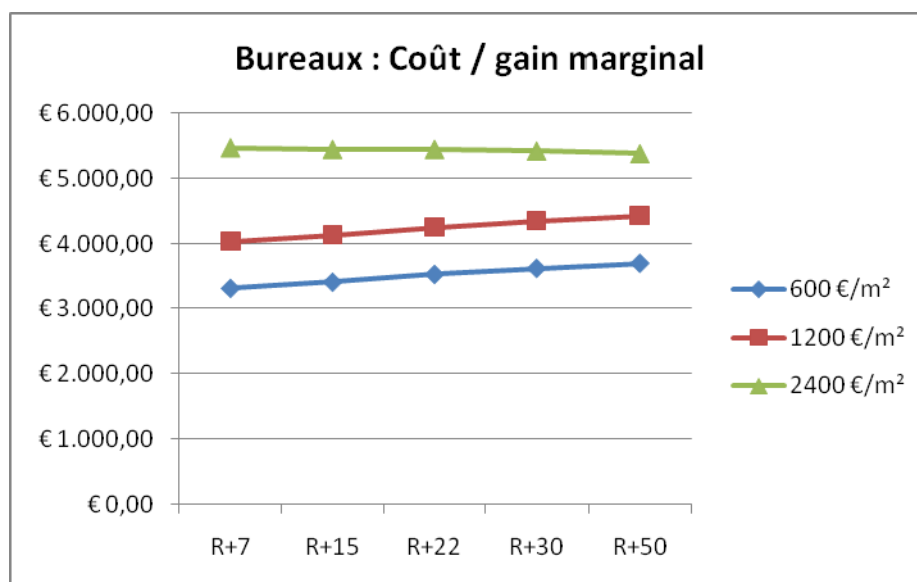
¹³ En outre, la demande nette en bureaux paraissant peu classique, les « *survaleurs* » bureaux – si elles existent – ne pourraient pas servir à financer la ville de manière très extensive.

9. Les tableaux ci-après déterminent les gabarits économiquement optimaux qui se dégagent des hypothèses examinées et des simulations réalisées :

- en **bureaux** uniquement, et pour la taille de plateau illustrée (1.500m²), le coût décroît avec la hauteur.
- en **logements**, le prix de revient optimal se situe à 15 étages sur base de diverses hypothèses retenues

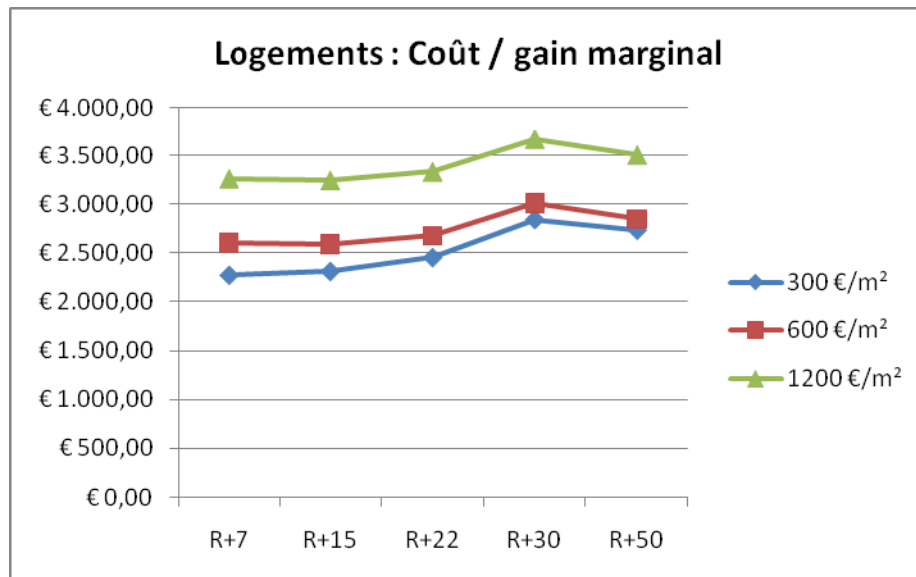
BUREAUX					
Imputation de base à R+7	R+7	R+15	R+22	R+30	R+50
600 €/m ²	€ 3.316,39	€ 3.411,10	€ 3.531,50	€ 3.625,82	€ 3.704,08
1200 €/m ²	€ 4.036,39	€ 4.131,10	€ 4.251,50	€ 4.345,82	€ 4.424,08
2400 €/m ²	€ 5.476,39	€ 5.451,10	€ 5.451,50	€ 5.425,82	€ 5.384,08

LOGEMENTS					
Imputation de base à R+7	R+7	R+15	R+22	R+30	R+50
300 €/m ²	€ 2.271,81	€ 2.310,47	€ 2.453,39	€ 2.844,44	€ 2.734,99
600 €/m ²	€ 2.601,81	€ 2.585,47	€ 2.673,39	€ 3.009,44	€ 2.844,99
1200 €/m ²	€ 3.261,81	€ 3.245,47	€ 3.333,39	€ 3.669,44	€ 3.504,99



Hypothèse de départ : 1500m² par plateau

% net/brut dégressif en fonction de la hauteur d'immeuble : de 98% à 90%



Hypothèse de départ : 650m² par plateau

% net/brut dégressif en fonction de la hauteur d'immeuble : de 90% à 82%

ANNEXES

Figure 46: Aspects économiques de la réalisation d'immeubles-tours

Population de la Région de Bruxelles-Capitale		
<u>Année</u>	<u>Indice</u>	<u>Population</u>
1968	100	1.077.035
1995	88	948.122
2002	92	992.041
Objectif?		
2015	100	1.077.035
Source : INS 2004 · CLI2004		

Figure 47 : Évolution des chiffres 1966-2006

Evolution des chiffres 1966-2006 :		
- Inflation	x 6	
- Prix de vente des terrains à bâtir		x 10
- Prix de vente des appartements	x 6	
- Prix de vente des maisons (existantes)		x 10
- Prix de vente des bureaux neufs	x 5	
- Prix de vente des bureaux 1966		x 2,5

Figure 48 : Archéologie du futur

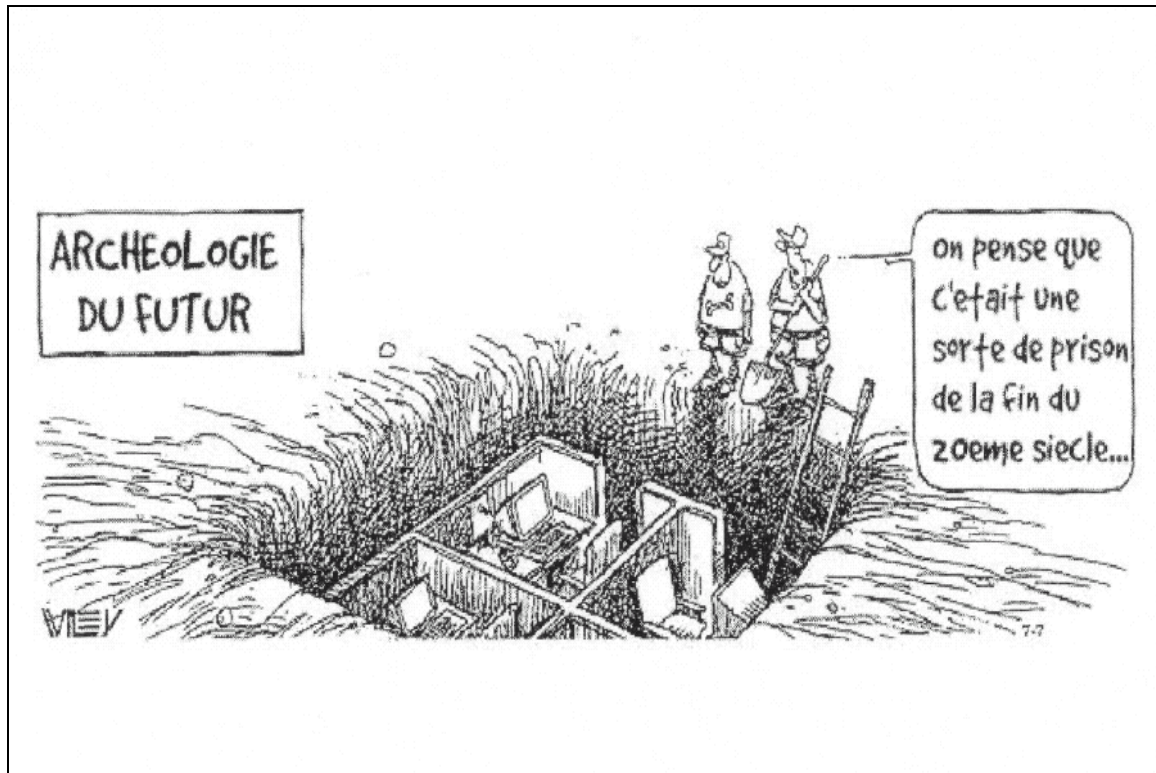


Figure 48bis : Tour Roche

Media Release



Roche Headquarter in Basel

Basel, 24 November 2008

Roche to develop alternative project to planned office high-rise Objective remains to consolidate all workplaces in Basel at headquarters

Roche has decided for technical reasons not to continue with its office high-rise in the form originally planned. It became apparent during the project design phase that the building would not be capable of satisfying key functional requirements despite the high investment. Furthermore, the planned building would be very complex to maintain and operate. Nevertheless, Roche intends to consolidate the 1,700-plus off-site workplaces in Basel at its headquarters, and to this end will prepare an alternative project. The company will still be able to adhere to its existing

time schedule.

"This was not an easy decision to take", said Franz B. Humer, Chairman of Roche's Board of Directors. "All our projects ultimately have to withstand an exhaustive business analysis. But the professional development work carried out by everyone involved in planning the building deserves great recognition."

Severin Schwan, CEO of the Roche Group adds: "After examining the project closely, we came to the conclusion that although the office high-rise was feasible, it was unable to meet all our functional requirements. The planning team's experience will now be put to good use in developing an alternative approach to provide for the required office space."

Roche had intended to submit its building application for the high-rise in the second quarter of 2009. Given the scale of the project, Roche took the conscious step of briefing employees, neighbours, the city of Basel and other stakeholders about its intention at a very early stage in autumn 2006. In the course of the development work it became apparent that the scheme would not be able to meet important requirements. For example, the company would have had to forego a large 500-seat auditorium and several central meeting rooms. Roche will now develop an alternative project, which will continue the company's architectural heritage as well as meeting its functional needs. Roche's architecture in Basel has been an expression of its culture for the past 112 years since it was founded.

About site development at Roche

Current site development at Roche Basel continues to be based on a planning strategy that guarantees maximum flexibility and allows the company to adapt to its ever-changing needs. The strategy aims to bring together the global and corporate functions on the site area south of the Grenzacherstrasse, with the infrastructure-intensive research, development and production units located on the site north of the road. Apart from meeting operational requirements, Roche attaches great importance in all its new-build schemes to upholding the high standards of industrial architecture for which it is renowned.

About Roche

Headquartered in Basel, Switzerland, Roche is one of the world's leading research-focused healthcare groups in the fields of pharmaceuticals and diagnostics. As the world's biggest biotech company and an innovator of products and services for the early detection, prevention, diagnosis and treatment of diseases, the Group contributes on a broad range of fronts to improving people's health and quality of life. Roche is the world leader in in-vitro diagnostics and drugs for cancer and transplantation, and is a market leader in virology. It is also active in other major therapeutic areas such as autoimmune diseases, inflammatory and metabolic disorders and diseases of the central nervous system. In 2007 sales by the Pharmaceuticals Division totalled 36.8 billion Swiss francs, and the Diagnostics Division posted sales of 9.3 billion Swiss francs. Roche has R&D agreements and strategic alliances with numerous partners, including majority ownership interests in Genentech and Chugai, and invested over 8 billion Swiss francs in R&D in 2007. Worldwide, the Group employs about 80,000 people. Additional information is available on the Internet at www.roche.com.

All trademarks used or mentioned are protected by law.

Tableau 22 : Évolution des loyers de marché indexés

	Loyer de marché		index 06-05		Loyer indexé 06-05	Valeur de marché 2005	Valeur de marché neuf 2005	Différence (%)*
1966	40,00 €	X	4,9233	=	196,93 €	60,00 €	200,00 €	228,22%
1971	65,00 €	X	4,141	=	269,17 €	75,00 €	200,00 €	258,89%
1974-1975	75,00 €	X	3,0226	=	226,70 €	75,00 €	200,00 €	202,26%
1981	100,00 €	X	1,9626	=	196,26 €	125,00 €	200,00 €	57,01%
1988	165,00 €	X	1,4021	=	231,35 €	125,00 €	200,00 €	85,08%
1996	150,00 €	X	1,1629	=	174,44 €	150,00 €	200,00 €	16,29%
2001	175,00 €	X	1,0735	=	187,86 €	160,00 €	200,00 €	17,41%
2005	200,00 €	X	1	=	200,00 €	200,00 €	200,00 €	0,00%

*différence entre la valeur de loyer indexé et la valeur de marché 2005 par rapport à la valeur de marché 2005

Source: Ch. Lasserre 2003, mise à jour 2005

Figure 49 : Investment property databank



Tableau 23 : Principales tours de Bruxelles

	Siège social	Public	Privé	Hôtel	Logement
- Pensions		X			
- Finances		X			
- Madou		X	X		
- Astro	X	X	X		
- Hilton				X	
- Westbury	X		X		
- Brusilia					X
- Manhattan			X	X	
- ITT					
- Blue Tower			X		
- Louise	X		X		
- Bastion			X		
- Chapelle		X			
- WTC1		X	X		
- WTC 2		X			
- Belgacom	X	X	X		

- Rogier			X		X
- IBM	X		X		
- Place Albert			X		X

Figure 50 : Graphique selon Clarck & Kingston

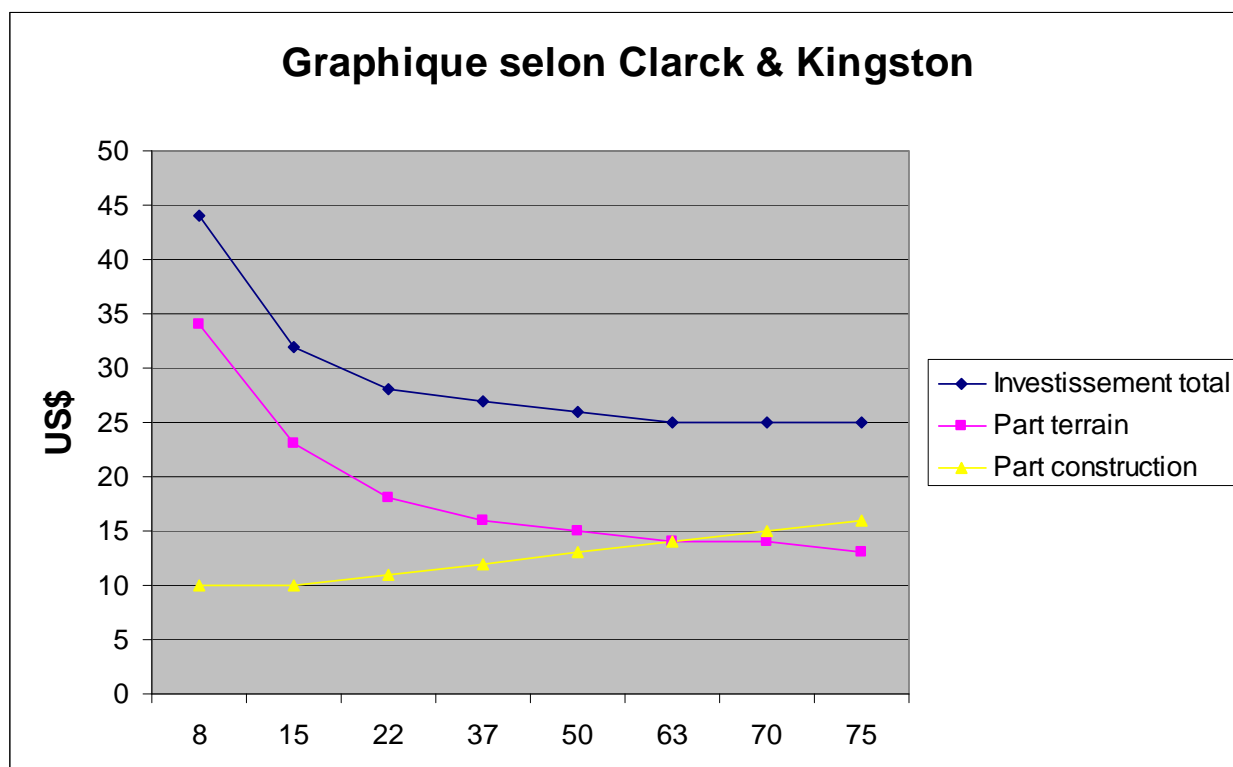


Figure 51 : Calcul d'optimisation des gabarits

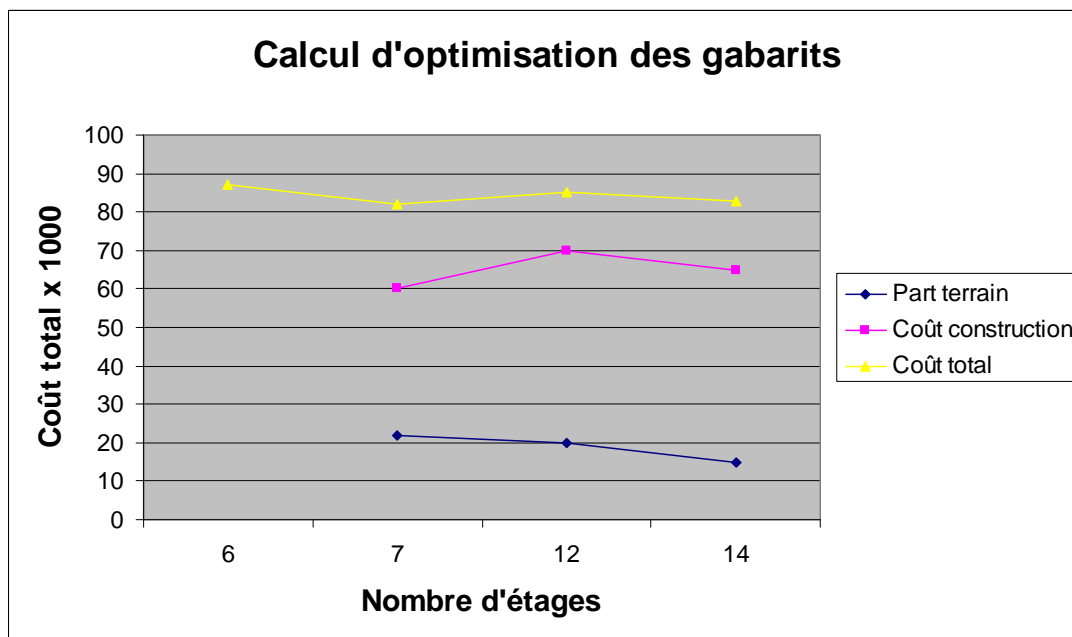


Figure 52

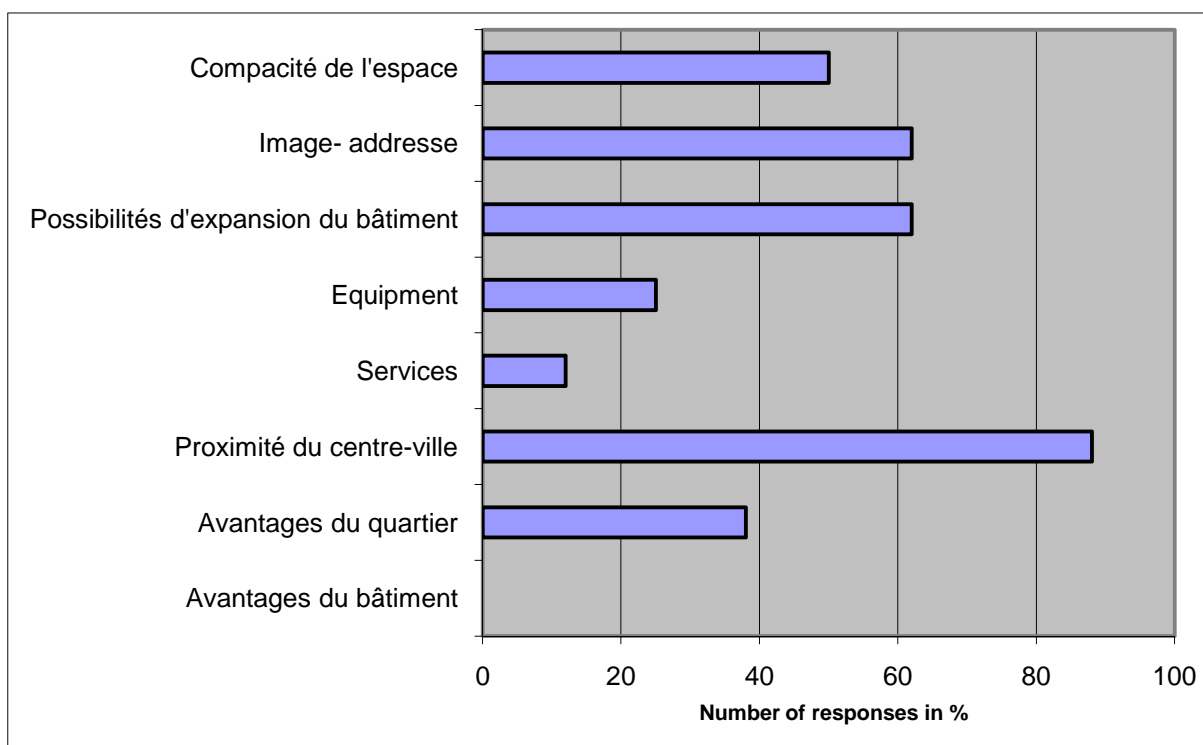


Tableau 20 : possibilités et limites de la mixité fonctionnelle dans les immeubles hauts

		PDI	Densité	Logement et mixité
1.	Héliport	x	x	x
2.	Gaucheret	x	x	x
3.	Gare de l'Ouest		x	x
4.	Pont Van Praet			
5.	Prince Albert			
6.	Tour & Taxis		x	x
7.	Van Volxem			
8.	Champ de Mars			
9.	Charles-Albert			
10.	Ecole vétérinaire			
11.	Cité Administrative		x	x
12.	Avenue Louise			
13.	Gare Josaphat			
14.	Porte de la Ville			

	Europe	x	x	x
	Midi	x	?	
	Schaerbeek formation		x	

COMPARAISON DES VALEURS/m²

Imputation terrain de base à R + 7	7 étages	15 étages	22 étages	30 étages	50 étages
A. BUREAUX					
600	3.319	3.157	3.298	3.459	
1.200	4.039		3.534	3.638	
2.400	5.479	4.176	4.007	3.996	3.562

B. LOGEMENTS				
300	2.294	2.204	2.334	2.737
600	2.624	2.358	2.446	2.819

COUT / GAIN MARGINAL

		Prix de base	Prix ajusté	Différence
BUREAUX	R + 7	3.319		
	R + 15		3.157	-162
	R + 22		3.298	-21
	R + 30		3.459	140

LOGEMENTS	R + 7	2.294		
	R + 15		2.204	-90
	R + 22		2.334	40
	R + 30		2.737	443

Dans l'exemple bureaux ci-dessus, construire à R + 30 mène à un immeuble de 41.400m² avec un surcoût de 41.400m² x 140€ = 5.796.000 qui est le prix du foncier libéré par une tour de 22 étages à un coût négatif de 21.825 x 21 = 458.325€

COMPARAISON DES DIFFERENTIELS

	Imputation terrain de base à R +	7 étages	15 étages	22 étages	30 étages	50 étages
BUREAUX	600	0	-162	-21	140	
	120	0		-505	-401	
	2.400	0	-1.303	-1.472	-1.483	-1.827

LOGEMENTS	300	2.294	2.204	2.334	2.737
			-90	40	443
	600	2.624	2.358	2.446	2.819
			-226	178	195

Les tableaux ci-après concernent l'équilibre financier des socles des tours et visent à définir le prix, différent de celui de l'emprise de la tour proprement dite, qui peuvent être affectés à ces fonctions.

L'objectif est d'affecter des fonctions d'équipement d'intérêt public et de voir en quoi l'implantation d'immeubles élevés permettrait de libérer, à des conditions économiques préférentielles, le foncier qui y sera affecté. Dans l'exemple bureaux ci-dessous à construire à R + 30, un immeuble de 41.400m² avec un surcoût de 41.400m² x 140€¹⁴/m² = 5.796.000 € qui est le prix du foncier libérer par une tour de 22 étages et à un coût négatif de 21.825m² x 21¹⁵€/m² = 458.325 €.

Comme le terrain affecté à l'immeuble R + 30 est de 6.921m² moins 1.500m² d'emprise, soit 5.421m², libérer la moitié soit 2.710,50m² pour des fonctions d'équipement (le solde étant consacré à des espaces publics et variés) coûte 5.796.000 €, soit 138,35€/m², contre $\frac{41.400 \times 149,13}{1.500} = 4.116$ €/m² pour l'emprise constructible sans recul.

Par contre, en R + 22, à la même imputation de base (R + 7 = 600), le terrain affecté est de 5.112m² pour 31.350m² valorisables, soit 5.112m² - 1.500m² = 3.612m² de terrain, dont 1.806m² à usage d'équipement, qui pourrait être affecté à cet usage sans paiement du foncier et avec une contribution de 458.325 € à la construction.

En conclusion, il nous semble que l'optimal par rapport à ce facteur reste le R + 15 en bureaux et logements. Aller au-dessus est possible en bureaux, à partir de l'imputation 1.200 €/m² et, à 2.400 €/m², toutes les valeurs sont positives (mais actuellement purement théoriques).

¹⁴ 139,18 €
¹⁵ 21,37 €

BUREAUX**1500 m² par plateau****165 €/m²/an**

R+	Coût de construction/m ²	Durée de chantier	Rapport net/brut	Surfaces nettes	Prix
7	€ 1.200,00	20	98%	1470	12.600.000
	surface brute	10.500,00 m ²			
	surface nette	10.290,00 m ²			
	imputation terrain	600,00 €			
	prix terrain	6.174.000,00			
15	€ 1.300,00	24	97%	1455	29.250.000
	surface brute	22.500,00 m ²			
	surface nette	21.825,00 m ²			
	imputation terrain	282,89 €			
22	€ 1.400,00	28	95%	1425	46.200.000
	surface brute	33.000,00 m ²			
	surface nette	31.350,00 m ²			
	imputation terrain	196,94 €			
30	€ 1.500,00	30	92%	1380	67.500.000
	surface brute	45.000,00 m ²			
	surface nette	41.400,00 m ²			
	imputation terrain	149,13 €			
50	€ 1.600,00	40	90%	9450	120.000.000
	surface brute	75.000,00 m ²			
	surface nette	67.500,00 m ²			
	imputation terrain	91,47 €			

LOGEMENTS**650 m² par plateau****125 €/m²/an**

R+	Coût de construction/m ²	Durée de chantier	Rapport net/brut	Surfaces nettes	Prix
7	€ 1.100,00	20	90%	585	5.005.000
	surface brute	4.550,00 m ²			
	surface nette	4.095,00 m ²			
	imputation terrain	300,00 €			
	prix terrain	1.228.500,00			
15	€ 1.150,00	24	90%	585	11.212.500
	surface brute	9.750,00 m ²			
	surface nette	8.775,00 m ²			
	imputation terrain	140,00 €			
22	€ 1.250,00	28	85%	552,5	17.875.000
	surface brute	14.300,00 m ²			
	surface nette	12.155,00 m ²			
	imputation terrain	101,07 €			
30	€ 1.500,00	30	85%	552,5	29.250.000
	surface brute	19.500,00 m ²			
	surface nette	16.575,00 m ²			
	imputation terrain	74,12 €			
50	€ 1.600,00	40	82%	16,4	52.000.000
	surface brute	32.500,00 m ²			
	surface nette	26.650,00 m ²			
	imputation terrain	46,10 €			

BUREAUX**1500 m² par plateau****165 €/m²/an**

R+	Coût de construction/m²	Durée de chantier	Rapport net/brut	Surfaces nettes	Prix
7	€ 1.200,00	20	98%	1470	12.600.000
	surface brute	10.500,00 m²			
	surface nette	10.290,00 m²			
	imputation terrain	1.200,00 €			
	prix terrain	12.348.000,00			
15	€ 1.300,00	24	97%	1455	29.250.000
	surface brute	22.500,00 m²			
	surface nette	21.825,00 m²			
	imputation terrain	565,77 €			
22	€ 1.400,00	28	95%	1425	46.200.000
	surface brute	33.000,00 m²			
	surface nette	31.350,00 m²			
	imputation terrain	393,88 €			
30	€ 1.500,00	30	92%	1380	67.500.000
	surface brute	45.000,00 m²			
	surface nette	41.400,00 m²			
	imputation terrain	298,26 €			
50	€ 1.600,00	40	90%	9450	120.000.000
	surface brute	75.000,00 m²			
	surface nette	67.500,00 m²			
	imputation terrain	182,93 €			

LOGEMENTS**650 m² par plateau****125 €/m²/an**

R+	Coût de construction/m²	Durée de chantier	Rapport net/brut	Surfaces nettes	Prix
7	€ 1.100,00	20	90%	585	5.005.000
	surface brute	4.550,00 m²			
	surface nette	4.095,00 m²			
	imputation terrain	600,00 €			
	prix terrain	2.457.000,00			
15	€ 1.150,00	24	90%	585	11.212.500
	surface brute	9.750,00 m²			
	surface nette	8.775,00 m²			
	imputation terrain	280,00 €			
22	€ 1.250,00	28	85%	552,5	17.875.000
	surface brute	14.300,00 m²			
	surface nette	12.155,00 m²			
	imputation terrain	202,14 €			
30	€ 1.500,00	30	85%	552,5	29.250.000
	surface brute	19.500,00 m²			
	surface nette	16.575,00 m²			
	imputation terrain	148,24 €			
50	€ 1.600,00	40	82%	16,4	52.000.000
	surface brute	32.500,00 m²			
	surface nette	26.650,00 m²			
	imputation terrain	92,20 €			

BUREAUX1500 m² par plateau165 €/m²/an

R+	Coût de construction/m ²	Durée de chantier	Rapport net/brut	Surfaces nettes	Prix
7	€ 1.200,00	20	98%	1470	12.600.000
	surface brute	10.500,00 m ²			
	surface nette	10.290,00 m ²			
	imputation terrain	2.400,00 €			
	prix terrain	24.696.000,00			
15	€ 1.300,00	24	97%	1455	29.250.000
	surface brute	22.500,00 m ²			
	surface nette	21.825,00 m ²			
	imputation terrain	1.131,55 €			
22	€ 1.400,00	28	95%	1425	46.200.000
	surface brute	33.000,00 m ²			
	surface nette	31.350,00 m ²			
	imputation terrain	787,75 €			
30	€ 1.500,00	30	92%	1380	67.500.000
	surface brute	45.000,00 m ²			
	surface nette	41.400,00 m ²			
	imputation terrain	596,52 €			
50	€ 1.600,00	40	90%	9450	120.000.000
	surface brute	75.000,00 m ²			
	surface nette	67.500,00 m ²			
	imputation terrain	365,87 €			

LOGEMENTS650 m² par plateau125 €/m²/an

R+	Coût de construction/m ²	Durée de chantier	Rapport net/brut	Surfaces nettes	Prix
7	€ 1.100,00	20	90%	585	5.005.000
	surface brute	4.550,00 m ²			
	surface nette	4.095,00 m ²			
	imputation terrain	1.200,00 €			
	prix terrain	4.914.000,00			
15	€ 1.150,00	24	90%	585	11.212.500
	surface brute	9.750,00 m ²			
	surface nette	8.775,00 m ²			
	imputation terrain	560,00 €			
22	€ 1.250,00	28	85%	552,5	17.875.000
	surface brute	14.300,00 m ²			
	surface nette	12.155,00 m ²			
	imputation terrain	404,28 €			
30	€ 1.500,00	30	85%	552,5	29.250.000
	surface brute	19.500,00 m ²			
	surface nette	16.575,00 m ²			
	imputation terrain	296,47 €			
50	€ 1.600,00	40	82%	16,4	52.000.000
	surface brute	32.500,00 m ²			
	surface nette	26.650,00 m ²			
	imputation terrain	184,39 €			

Bibliographie

• Dossier Tours, Revue Urbanisme, n° 354, juin 2007
• Hendrickx P., Perret J., « <i>Gestion technique de l'immobilier d'entreprise</i> », Eyrolles, 2003
• Paquot Thierry, « <i>La folie des hauteurs : pourquoi s'obstiner à construire des tours?</i> », Bourin Éditeur, septembre 2008
• Pélegrin-Genel Elisabeth, « <i>L'angoisse de la plante verte sur le coin du bureau</i> », ESF Éditeur, Paris, 1994
• Riewoldt Otto, « <i>Intelligent spaces : architecture for the information age</i> », Laurence King Publishing, 1997
• Tannenbaum Ph., Lerègle N., « <i>Pour une notation des immeubles : une approche originale de l'investissement immobilier, du risque et de la rentabilité</i> », Economica, Paris, octobre 1995.
• Willis Carol, « <i>Form follows finance - Skyscrapers and skylines in New York and Chicago</i> », Princeton Architectural Press, 1995
• <i>Wonen in de Wolken</i> , Sky high living, April 1998
• Yeang Ken, « <i>The green Skyscraper : the basis for designing sustainable intensive buildings</i> », Prestel, Verlag, 1999

Ministère de la Région de Bruxelles-capitale



**Objectivation
des avantages et inconvénients
des immeubles élevés à Bruxelles**

6

OUTILS DE REGULATION URBANISTIQUE DE LA PRODUCTION DES IMMEUBLES HAUTS

Responsable de la recherche
Bernard Declève, URBA-UCL

Equipe de recherche
Nathalie Boton, CERES-UCL
Michaël Durbecq, URBA-UCL
Philippe Gruloos, ISA St Luc, ARCH-UCL
Christian Lasserre, CLI
Philippe Boland, ARCH-UCL

Auteur du rapport sur la tour comme objet technique
Nathalie Boton, CERES-UCL

Avant-Propos

La note ci-après contribue à l'étude commandée à l'unité d'urbanisme de l'UCL par le ministère de la Région de Bruxelles-Capitale sur « la problématique des immeubles élevés (tours) de bureaux, de logements et mixtes en Région de Bruxelles-Capitale ».

La demande du ministère comporte deux grands volets:

- une objectivation des avantages et inconvénients des immeubles hauts selon divers points de vue (planification stratégique, urban design, architecture et techniques de construction, économie immobilière, droit de l'urbanisme, sociologie des usages et de la gestion) et en tenant compte des spécificités de la situation bruxelloise ;
- la définition de critères de localisation et d'analyse de projets urbains ou immobiliers comportant des immeubles hauts et la proposition de sites en Région bruxelloise éventuellement propices au développement de différentes catégories de projets.

Le rapport final de l'étude contient une note de synthèse et cinq notes thématiques:

1. Rapport de synthèse
2. La tour comme objet technique (62 p.)
3. Habitabilité de l'environnement des tours (37 p.)
4. La tour comme matériau de projet urbain
5. La tour comme objet d'économie immobilière
6. Outils de régulation juridique de la construction en hauteur

Une même démarche en quatre étapes a été suivie pour l'approche des cinq volets thématiques :
/1/Observation de cas / 2 / Recherche documentaire /3 / Identification de 'tendances' ou scénarios /
4 / Application au cas de la RBC et recommandation de critères.

Le raisonnement appliqué à Bruxelles s'inscrit dans un cadre de 10 objectifs régulateurs :

1. Promotion de l'habitat (la ville à vivre)
2. Création de logements abordables et diversifiés
3. Accessibilité des transports publics en dix minutes à pied et connexion sur des itinéraires de mobilité douce
4. Disponibilité de parcs et espaces verts en quantité suffisante
5. Préservation des ressources de l'environnement / recours aux techniques d'environnement durable
6. Une ville de 1 200 000 habitants ;
7. Imaginer les bureaux du futur
8. Favoriser l'Europe à Bruxelles
9. Optimiser les infrastructures
10. Développer l'emploi

Dans ce cadre d'objectif, l'application des critères issus des différentes notes fournit des éléments d'évaluation de la situation des tours à Bruxelles et du potentiel lié à un développement de grande hauteur dans deux scénarios de projet:

- reconstruction de la ville sur la ville (insertion de nouvelles tours dans le tissu existant, utilisation des tours comme matériau de restructuration des Z.I.R. et des zones leviers bruxelloises, recyclage des bâtiments hauts déjà existants)
- extension urbaine.

Bernard Declève

Table des matières

1	Préambule	7
2	Stratégies et outils de régulation urbanistique de la production des immeubles hauts à Paris, Londres, Rotterdam et Francfort	8
2.1	Paris	8
2.1.1	Généralités	8
2.1.2	PLU de Paris	8
2.1.2.1	Destinations	11
2.1.2.2	Gabarits	13
A.	Généralités	13
B.	Gabarit-enveloppe	13
C.	Plan des fuseaux	15
2.1.2.3	Densité	20
2.1.3	Le quartier de la Défense	21
2.1.4	Exemple : La tour Boucry	24
2.2	Londres	26
2.2.1	Généralités	26
2.2.2	Greater London	27
2.2.2.1	London plan	27
A.	Objectifs du Maire	27
B.	Stratégie de développement	27
C.	Esthétique	28
2.2.2.2	London view management framework (LVMF)	30
A.	Qualitative visual assessment	32
B.	Protected vistas	33
2.2.3	City of London	34
2.2.3.1	LDF	34
2.2.3.2	St Paul and Monuments Views	35
2.2.4	Exemple : Le Shard – London Bridge Tower	37
2.3	Rotterdam	38
2.3.1	Plans d'aménagement	38
2.3.2	Exemple : la Tour Montevideo	38
2.4	Francfort	40
2.4.1	Plans d'aménagement	40
2.4.2	Exemple : la tour Eurotheum	49
3	Modèles d'organisation juridique de la captation et de la redistribution des plus values associées à la surdensification	50
3.1	U.S.A.	50
3.2	France	51
3.2.1	Le plafond légal de densité	51
3.2.2	La participation pour sur-utilisation du sol	51
3.3	U.K.	52
4	Evaluation des barrières juridiques à la mixité fonctionnelle	54
5	Modèles d'organisation juridique	56
5.1	Problématique	56
5.2	Modèles d'organisation	56
5.2.1	La copropriété	56
5.2.2	Exemples	57
5.2.2.1	Paris – Tour Boucry	57
5.2.2.2	Rotterdam – Montevideo tower	58

5.3	La coopérative d’habitation _____	58
5.4	La division en volumes _____	59
6	Conclusion _____	60
6.1	Synthèse _____	60
6.1.1	Outils de régulation urbanistique _____	60
6.1.2	Outils de captation des plus-values _____	60
6.1.3	Barrières à la mixité fonctionnelle _____	61
6.1.4	Organisation juridique des immeubles _____	61
6.2	Propositions d’organisation applicables au cas de Bruxelles _____	61
6.2.1	Outils de régulation urbanistique _____	61
6.2.2	Plus-value _____	62
6.2.3	Organisation juridique _____	62
7	Annexes _____	63

Table des annexes

Annexe 1 -	Paris – Plan Local d’Urbanisme (PLU)
Annexe 2 -	La Défense - Orientations générales d’urbanisme
Annexe 3 -	London plan
Annexe 4 -	London View Management Framework (LVMF)
Annexe 5 -	LVMF - Plan de gestion des vues de l’Alexandra palace
Annexe 6 -	LVMF - Plan de gestion des vues du London bridge
Annexe 7 -	City of London - Local Development Framework
Annexe 8 -	City of London - ST Paul and Monuments views
Annexe 9 -	Rotterdam - Permis d’urbanisme de l’immeuble « Shard »
Annexe 10 -	Pays-Bas - 5e rapport gouvernemental sur l’aménagement du territoire
Annexe 11 -	Rotterdam - Permis d’urbanisme de la tour « Montevideo »
Annexe 12 -	Frankfort – plan de gestion des tours
Annexe 13 -	Londres - Circulaire relative aux obligations d’urbanisme

Table des cartes

Carte 1 - Plan local d'urbanisme de Paris : zonage.....	10
Carte 2 - Paris - Plan local d'urbanisme de Paris : équilibre entre destinations	12
Carte 3 - Plan local d'urbanisme de Paris : Hauteurs	16
Carte 4 - Plan local d'urbanisme de Paris : fuseaux de protection.....	17

Carte 5 - Plan local d'urbanisme de Paris : Atlas général	18
Carte 6 - Schéma directeur du renouveau de la Défense : plan directeur 2007 - 2020.....	22
Carte 7 - Schéma directeur du renouveau de la Défense : plan d'action 2007-2013	23
Carte 8 - London plan : zones d'opportunité et de densification.....	28
Carte 9 - London plan : Cadre de gestion des vues dans le centre de Londres.....	31
Carte 10 – London plan : vues protégées.....	31
Carte 11 - City of London Unitary Development Plan 2002 - Supplementary Planning Guidance : St Paul's and Monument Views (p. 13).....	36
Carte 12 – Francfort : plan d'aménagement n° 556.....	42
Carte 13 - Francfort : plan d'aménagement n° 702Ä	46

Table des figures

Figure 1 - Gabarit enveloppe en bordure d'une voie de largeur supérieure à 8 m et au plus égale à 12 m non bordée par un filet de couleur (PLU, art. 10.2)	14
Figure 2 - Gabarit enveloppe en limite séparative - immeuble voisin implanté en retrait de la limite séparative (PLU, art. 10.3)	14
Figure 3 - Tour Boucry	24
Figure 4 - Tour Boucry : extrait du plan de zonage du PLU	25
Figure 5 - Tour Boucry : extrait de la carte équilibre des destinations du PLU	25
Figure 6 - Tour Boucry : extrait de la carte des hauteurs du PLU.....	25
Figure 7 - London plan : vues désignées.....	30
Figure 8 – <i>Diagram of viewing place</i>	32
Figure 9 – Les composants d'une vue protégée.....	33
Figure 10 – The Shard	37
Figure 11 – Tour Montevideo	39
Figure 12 : Rotterdam – bestemmingplan	40
Figure 13 – tour Eurotheum	49

1 Preamble

The present chapter has for object the legal questions raised by high buildings. It comprises three distinct parts.

First, it attaches to identify the strategies and tools of urban regulation of the production of high buildings in four great European cities, namely Paris, London, Rotterdam and Frankfurt. For each of them an example of high building is also highlighted.

In a second time, the question of the capture and the redistribution of plus-values associated with the densification is addressed. Existing systems in the U.S.A., in France and in the United Kingdom are more particularly examined.

Then, the present chapter addresses the question of the functional mix in towers, in attempting to identify the legal barriers of nature to prevent it.

Finally, the models of legal organization (co-ownership, etc.) which can be put in place are studied.

2 Stratégies et outils de régulation urbanistique de la production des immeubles hauts à Paris, Londres, Rotterdam et Francfort

2.1 Paris

2.1.1 Généralités

Depuis la loi du 13 décembre 2000 relative à la Solidarité et au Renouvellement Urbains (SRU), l'aménagement des villes est déterminé en France par les plans locaux d'urbanisme (PLU), qui viennent remplacer les anciens plans d'occupation des sols.

Le PLU comprend les documents suivants :

- Un rapport de présentation (diagnostic , état initial de l'environnement, explication des choix retenus et justifications des règles, évaluation des incidences sur l'environnement) ;
- Un projet d'aménagement et de développement durable (PADD), qui définit les orientations d'urbanisme et d'aménagement ;
- Un règlement d'urbanisme, qui fixe les règles générales et les servitudes d'utilisation des sols ;
- Des documents graphiques ;
- Des annexes, qui reprennent des éléments techniques liés à l'élaboration du PLU (réseaux d'eau, zones de publicité...).

Le Conseil de Paris a adopté un PLU les 12 et 13 juin 2006.

Par ailleurs, la plupart des immeubles élevés situés en Région parisienne ne se situe pas sur le territoire de la ville de Paris proprement dite, mais dans le quartier dit de la Défense, à cheval sur les communes de Puteaux et de Courbevoie. Ce quartier fait actuellement l'objet d'un « plan de renouveau » qui sera examiné ci-dessous.

2.1.2 PLU de Paris

Le PLU¹ de Paris (**annexe 1**) contient notamment un règlement, qui se réfère à différents plans dont :

- un plan de zonage ;
- un plan « *équilibre des destinations et limitation du stationnement* » ;
- un plan « *logement social et protection du commerce et de l'artisanat* » ;
- un plan des hauteurs ;
- un plan des fuseaux de protection du site de Paris ;
- des planches au 1/2000, qui localisent les prescriptions et servitudes sur les terrains.

Considérant l'objet de la présente étude, nous nous attacherons principalement aux règles relatives aux destinations, à la densité ainsi qu'au gabarit des immeubles.

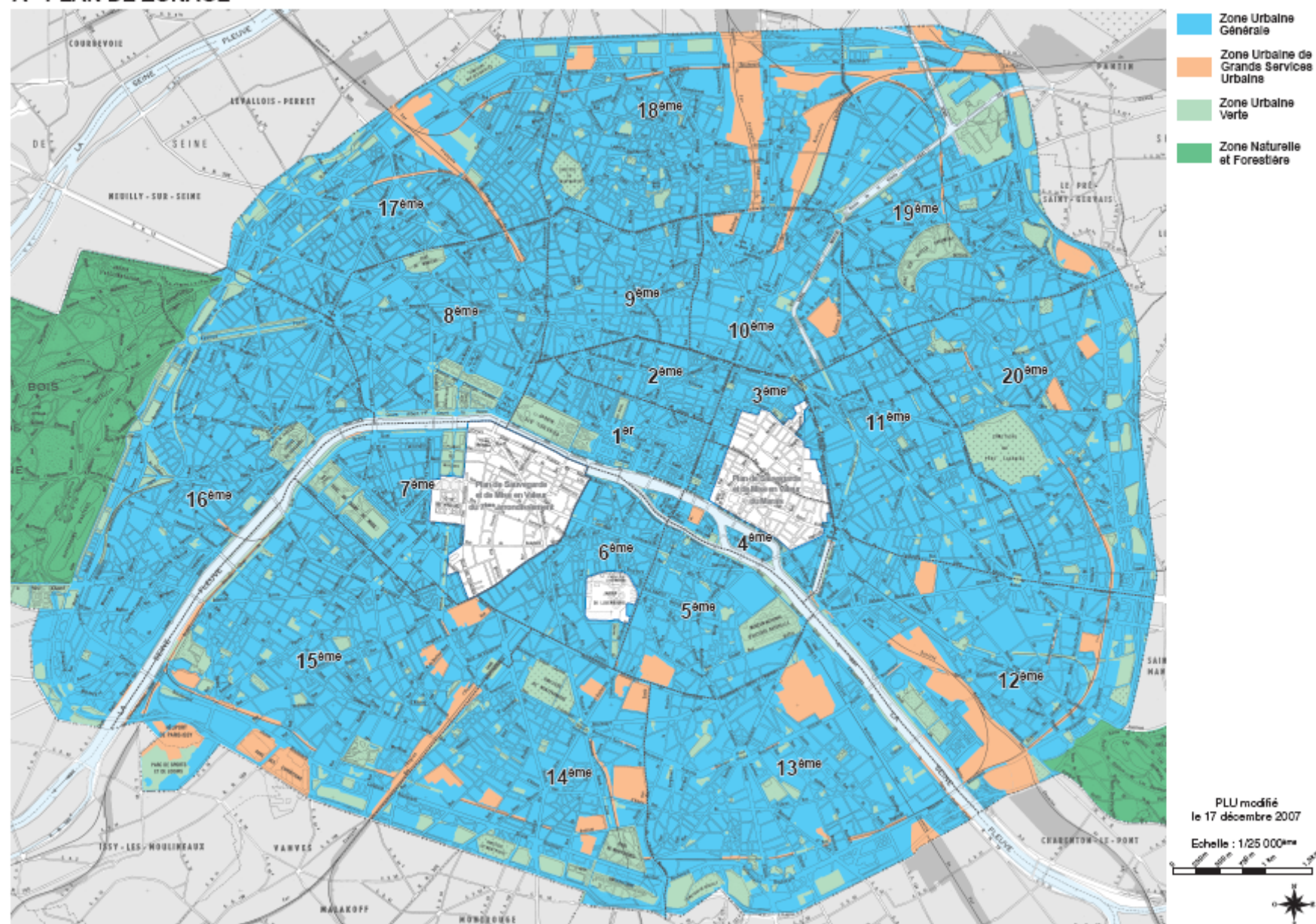
En ce qui concerne le zonage, comme le montre la **carte 1** ci-après, le territoire est divisé, d'une part, en une zone naturelle et forestière et, d'autre part, en trois zones urbaines (générale, de grands services urbains et verte). Certains secteurs sont par ailleurs soumis à des dispositions particulières (Montmartre, etc.).

¹ Disponible sur le site internet suivant :

http://www.paris.fr/portail/Urbanisme/Portal.lut?page_id=6576

Seule la zone urbaine générale couvrant la majeure partie du territoire sera examinée ci-après. Les prescriptions applicables dans les autres zones sont en effet similaires.

A - PLAN DE ZONAGE



Carte 1 - Plan local d'urbanisme de Paris : zonage

2.1.2.1 Destinations

En zone urbaine générale, l'objectif est d'assurer la diversité des fonctions urbaines et de développer la mixité sociale de l'habitat.

Le Règlement du PLU ne détermine pas de manière exhaustive les destinations admises en zone urbaine générale.

Certaines utilisations sont toutefois interdites dans cette zone, à savoir les établissements SEVESO ou qui présentent un danger grave ou des risques d'insalubrité pour le voisinage (art. UG.1.) ainsi que les dépôts non couverts de ferraille, de matériaux et de combustibles.

D'autres utilisations sont soumises à des conditions. Il s'agit par exemple des constructions dans les zones de risque délimitées par le plan de prévention du risque d'inondation, des bâtiments protégés, etc. (art. UG.2.1).

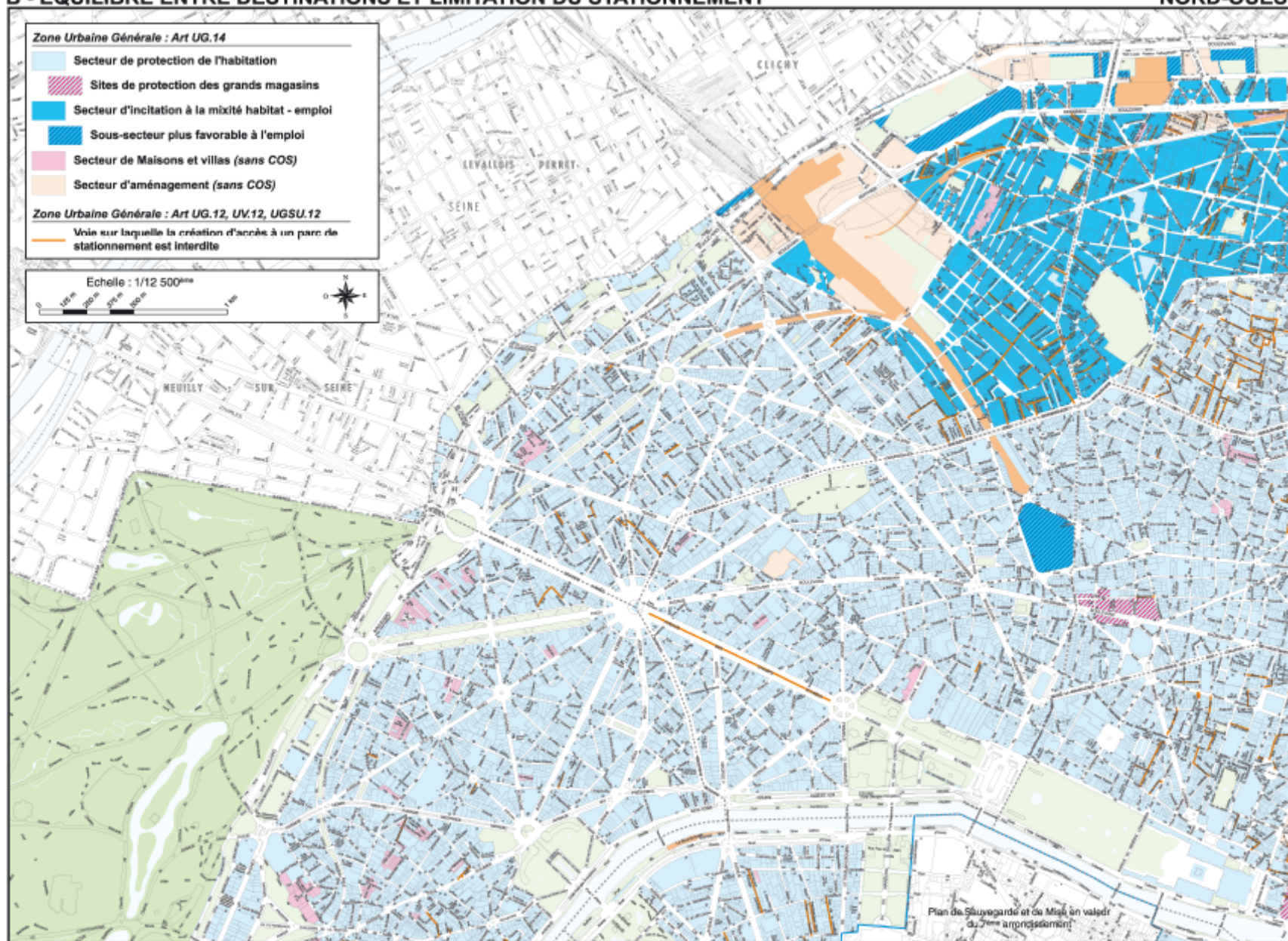
En ce qui concerne plus particulièrement les destinations, l'on notera que (art. UG.2.2.) :

- la transformation en logement de locaux existants au rez-de-chaussée sur rue n'est admise qu'à certaines conditions en matière d'éclairage, d'hygiène et de sécurité ;
- le plan de protection du commerce et de l'artisanat identifie des voies le long desquelles il est interdit de transformer des surfaces de commerce ou d'artisanat en une autre destination et où les surfaces nouvellement construites, reconstruites ou rénovées doivent être affectées à ces fonctions ;
- la fonction d'entrepôt, de même que celle d'industrie, ne sont admises que sur les parcelles ne comportant pas d'habitation ;
- sur les sites de protection de l'artisanat et de l'industrie, la transformation de surfaces destinées à l'artisanat ou l'industrie en une autre destination est interdite.

Dans le même ordre d'idées, dans la zone de déficit en logement social définie au plan, tout projet comportant des surfaces d'habitation supérieures à 800 m² doit prévoir au moins 25% de logement social.

Dans la zone urbaine générale, le plan « équilibre des destinations et limitation du stationnement » (**carte 2** ci-après) distingue par ailleurs plusieurs secteurs dont notamment :

- un secteur de protection de l'habitation (Centre-Ouest), qui comprend des sites de protection des grands magasins ;
- un secteur d'incitation à la mixité (croissant Est), qui inclut un sous-secteur d'incitation à l'emploi (périphérie et autour des gares) ;



Carte 2 - Paris - Plan local d'urbanisme de Paris : équilibre entre destinations

2.1.2.2 Gabarits

A. Généralités

Aux termes de l'article UG.10.1, le gabarit des constructions doit respecter trois limites :

- les gabarits-enveloppes définis par le Règlement ;
- la hauteur plafond fixée par le plan général des hauteurs ([carte 3](#) ci-après);
- les plans ou surfaces constitués par les fuseaux indiqués sur le plan des fuseaux (voir [carte 4](#) ci-après).

Certains terrains ont toutefois une hauteur maximale de construction qui se substitue à celle indiquée dans le plan général des hauteurs et qui est indiquée sur les planches au 1/2000^e (voir [carte 5](#) ci-après). Lorsqu'une telle hauteur maximale de construction est indiquée, les prescriptions relatives au gabarit-enveloppe ne s'appliquent pas non plus.

L'article UG.10.1.3° contient également une prescription intéressante, intitulée « signaux architecturaux », libellée comme suit :

« Des signaux architecturaux, justifiés par la nécessité de repérer ou exprimer symboliquement des Constructions ou installations nécessaires au service public ou d'intérêt collectif, notamment à caractère culturel ou cultuel, peuvent être admis en dépassement localisé de la cote résultant de l'application des dispositions du présent article, à l'exception des Fuseaux de protection du site*. Le dépassement de cette cote ne peut excéder 15 mètres ».*

B. Gabarit-enveloppe

Les articles 10.2 et 10.3 déterminent respectivement le gabarit-enveloppe des constructions en bordure de voie et en limite séparative.

En bordure de voie, le gabarit-enveloppe est ainsi fixé en fonction de la largeur de la voirie et de la distance entre les façades (prospect), comme le montre la figure ci-dessous :

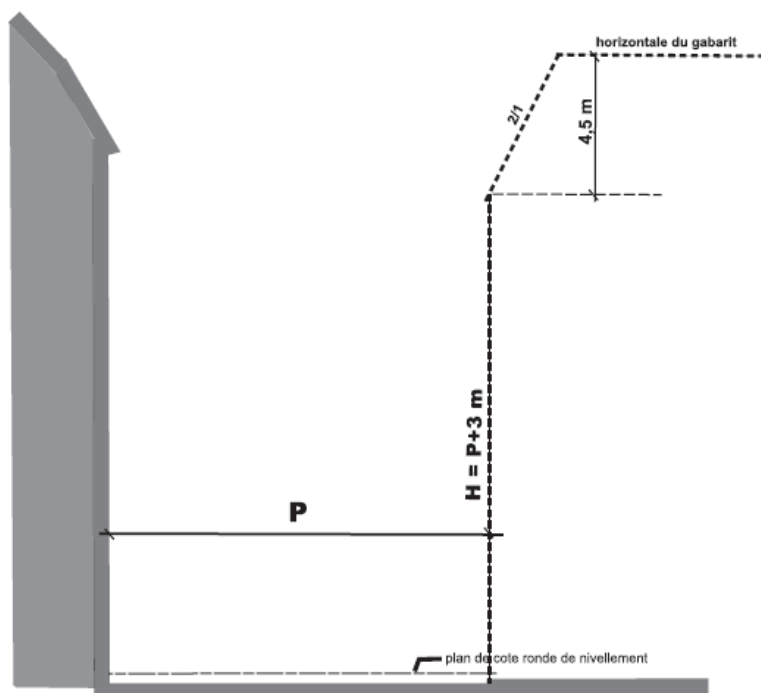


Figure 1 - Gabarit enveloppe en bordure d'une voie de largeur supérieure à 8 m et au plus égale à 12 m non bordée par un filet de couleur (PLU, art. 10.2)

Par rapport à la limite séparative, le gabarit enveloppe est quant à lui fixée en tenant compte de l'implantation de l'immeuble voisin (implanté sur ladite limite ou en retrait) et de la distance qui les sépare.

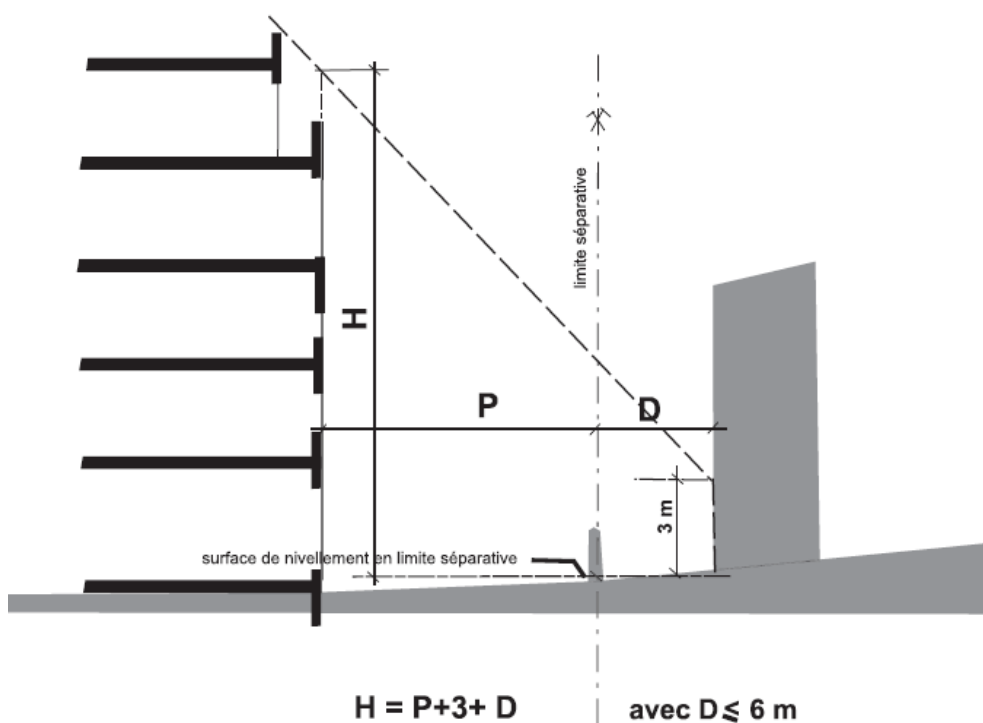


Figure 2 - Gabarit enveloppe en limite séparative - immeuble voisin implanté en retrait de la limite séparative (PLU, art. 10.3)

C. Plan des fuseaux

Les fuseaux de protection du site de Paris sont définis comme suit dans le règlement du PLU de Paris (paragraphe VII) :

« Les fuseaux de protection du site de Paris sont des prescriptions qui protègent, en application de l'article L.123-1 § 7° du Code de l'urbanisme, des vues remarquables perceptibles de l'espace public (vues panoramiques, faisceau de vues ou échappées sur un monument). Ils constituent des surfaces ou ensembles de surfaces (plans ou surfaces gauches) que ne peuvent pas dépasser les constructions nouvelles.

Leur trace précis est indiquée sur le Plan des fuseaux de protection du site de Paris figurant dans l'atlas général. Entre deux cotes rondes du nivellement orthométrique les altitudes sont obtenues par interpolation ».*

Zones Urbaines

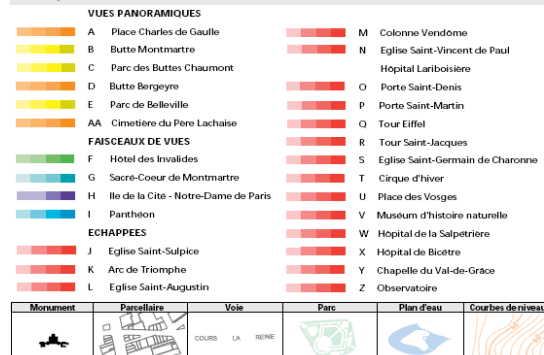
Hauteur plafond en mètre

37	31	25	18
----	----	----	----

Territoires couverts par les fuseaux de protection du site de Paris

Zone Naturelle et forestière

Carte 3 - Plan local d'urbanisme de Paris : Hauteurs





Légende des plans de l'atlas général









I. Zonage

	Zone urbaine générale		Zone naturelle et forestière
	Zone urbaine de grands services urbains		Secteur de taille et de capacité d'accueil limitées
	Zone urbaine verte		Terrain appartenant au secteur de protection de l'artisanat et de l'industrie


II. Localisation des équipements et aménagements prévus

E 12-01	Emplacement réservé pour équipement public, ouvrage public ou installation d'intérêt général (Voir liste dans le règlement, tome 2)	(L. 123-1 b')
V 12-01	Emplacement réservé pour espace vert public au bénéfice de la Ville de Paris (Voir liste dans le règlement, tome 2)	(L. 123-1 b')
P 12-01	Périmètre de localisation d'équipement, ouvrage, espace vert public ou installation d'intérêt général à réaliser (Voir liste dans le règlement, tome 2)	(L. 123-2 c)
	Périmètre devant faire l'objet d'un projet d'aménagement global (Voir liste dans le règlement, tome 2)	(L. 123-2 a)
	Plate-forme de transit en temps partagé des marchandises et déchets acheminés ou évacués par voie d'eau	
	Emplacement réservé en vue de la réalisation de logement ou de logement locatif social au sens de l'article L.302-5 du Code de la construction et de l'habitation	(L. 123-2 b)
LS 25%	Obligation de réaliser en habitation affectée au logement social 25% de la surface hors œuvre nette, dans les conditions énoncées à l'article UG.2.3	
L 50%	Obligation de réaliser en habitation au moins 50% de la surface hors œuvre nette, et d'affecter au moins 50% du programme prévu à du logement social, dans les conditions énoncées à l'article UG.2.3.	
LS 50%	Obligation de réaliser en habitation affectée au logement social 50% de la surface hors œuvre nette, dans les conditions énoncées à l'article UG.2.3	
L 100%	Obligation de réaliser en habitation 100% de la surface hors œuvre nette, et d'affecter au moins 50% du programme prévu à du logement social, dans les conditions énoncées à l'article UG.2.3	
LS 100%	Obligation de réaliser en habitation affectée au logement social 100% de la surface hors œuvre nette, dans les conditions énoncées à l'article UG.2.3	

III. Aménagement et traitement des voies et espaces réservés à la circulation

	Voie publique ou privée
	Aménagement piétonnier
	Emplacement réservé pour élargissement de voie ou création de voie publique communale
	Servitude d'alignement (Servitude d'utilité publique)
	Emprise de constructions basses en bordure de voie avec mention éventuelle "R+1" si un étage est autorisé.
	Voie à conserver, créer ou modifier avec indication éventuelle de largeur
	Liaison piétonnière à conserver, créer ou modifier
	Passage piétonnier sous porche à conserver

IV. Implantation et hauteur des constructions





	Hauteur maximale des constructions
---	------------------------------------

Gabarits-enveloppes :



Hauteur de verticale Indiquée par la couleur :	Couronnement Indiqué par le type de trait :
- H = 5 m : Rose	- Conforme aux dispositions des articles UG 10.2.1 ou UGSU 10.2.1 : Continu
- H = 7 m : Kaki	- Horizontal : Pointillé
- H = 10 m : Vert	- P = 1/3, h = 2 m : Hachures
- H = 12 m : Orange	- P = 1/2, h = 3 m : Tireté court
- H = 15 m : Violet	- P = 1/1, h = 4,5 m : Tireté long
- H = 18 m : Bleu clair	- P = 2/1, h = 4,5 m : Tireté mixte
- H = 20 m : Noir	
- H = 23 m : Gris	
- H = 25 m : Bleu marine	
- Verticale de même hauteur que la façade existante : Marron	


Exemples :  hauteur 18 m, couronnement P = 1/1, h = 4,5 m
 hauteur 10 m, couronnement P = 1/3, h = 2 m

V. Protection des formes urbaines et du patrimoine architectural


	Volumétrie existante à conserver
	Emprise constructible maximale éventuellement limitée en hauteur et en emprise au sol
	Bâtiment protégé, ou parcelle comportant un ou des bâtiments protégés (Voir la liste dans le règlement, tome 2)
	Élément particulier protégé (Voir la liste dans le règlement, tome 2)

A titre d'information :

Parcelle comportant un élément protégé au titre des monuments historiques :
 - par un arrêté de classement au titre des monuments historiques
 - par un arrêté d'inscription au titre des monuments historiques

Dans les secteurs délimités par un tireté violet (), une réduction au 1/2000^{ème} des documents graphiques des Plans de Sauvegarde et de Mise en Valeur est reportée à titre indicatif et ne possède aucun caractère réglementaire. Les Plans de sauvegarde et de Mise en valeur peuvent être consultés à la Préfecture de Paris.

VI. Protection et végétalisation des espaces libres

	Espace vert protégé (EVP)		Espace libre protégé (ELP)
	Espace boisé classé (EBC)		Espace libre à végétaliser (ELV)
			Espace à libérer (EAL)

VII. Secteurs soumis à des dispositions particulières

(Voir la liste des secteurs dans le règlement, tome 2) 

VIII. Pour information

 Parcelle signalée pour son intérêt patrimonial, culturel ou paysager

2.1.2.3 Densité

En zone urbaine générale, l'article UG.14.3 limite la constructibilité par un coefficient d'occupation des sols² (COS) global fixé à 3 par terrain³. Ce COS ne s'applique toutefois pas à certaines zones dont la constructibilité est régie par d'autres dispositions.

En outre, dans le secteur de protection de l'habitation, cet article 14.3 prévoit que le total des superficies des destinations liées à l'emploi (bureau, commerce, artisanat, industrie, entrepôt) ne doit pas excéder un COS de 1.

Toutefois, dans les sites de protection des grands magasins, ces limitations ne s'appliquent pas au commerce et à l'artisanat.

L'article 14.4 contient par ailleurs des dispositions particulières applicables aux terrains sur lesquels le COS global est dépassé par les constructions existantes.

Sur ces terrains, l'aménagement ou la reconstruction des bâtiments existants peut être autorisés à condition

- qu'elle soit justifiée par l'un des motifs d'urbanisme ou d'architecture cités à l'article 14.4.1 (entre autres : assurer ou maintenir l'harmonie d'ensemble du paysage urbain, mettre en valeur le patrimoine, regrouper les locaux par destination, ...).
- qu'elle respecte les limites et conditions énumérées à l'article 14.4.2 (ne pas porter atteinte à l'harmonie d'ensemble du paysage urbain, ne pas porter atteinte au patrimoine, pour les constructions neuves, respecter les autres dispositions du règlement, ne pas dépasser les superficies existantes, ...)
- en ce qui concerne les destinations :
 - o en dehors du sous-secteur plus favorable à l'emploi et des sites de protection des grands magasins, la proportion initiale de logements et d'installations nécessaires aux services publics ou d'intérêt collectif ne doit pas être inférieure à la proportion initiale ;
 - o dans le sous-secteur plus favorable à l'emploi, la même condition doit être respectée sauf :
 - si la proportion initiale est inférieure à 1/3 ;
 - si la proportion initiale est supérieure à 2/3 ; dans ce cas, la proportion finale doit rester supérieure à 2/3 ;
 - o dans les sites de protection des grands magasins, la proportion initiale de commerces ne doit pas être inférieure à la proportion initiale.

² D'après les définitions données au § VIII du Règlement, « Le C.O.S. est défini par l'article R.123-10 du Code de l'urbanisme. C'est le rapport de la surface hors œuvre nette de plancher maximale susceptible d'être réalisée sur un terrain à la surface du terrain ».

³ D'après les définitions données au § VIII du Règlement, un terrain est « une propriété foncière d'un seul tenant, composé d'une parcelle ou d'un ensemble de parcelles appartenant à un même propriétaire ».

2.1.3 Le quartier de la Défense

L'aménagement du quartier de la Défense est géré pour le compte de l'Etat et des collectivités locales par un établissement public à caractère industriel et commercial, à savoir l'EPAD (Etablissement pour l'Aménagement de la Région de la Défense).

Aux termes du décret qui l'a créé, l'EPAD est « *chargé de procéder à toutes opérations de nature à faciliter la réalisation du projet d'aménagement de la région dite "de la Défense" et notamment :*

- *De procéder à l'acquisition, au besoin par voie d'expropriation, des immeubles bâtis ou non bâtis nécessaires à la réalisation des travaux d'aménagement et d'équipement, et éventuellement de construction de logements prévus au projet d'aménagement susvisé ;*
- *De procéder, dans les conditions prévues à l'article 41 de l'ordonnance n° 58-997 du 23 octobre 1958 à la cession des immeubles acquis en vue de leur affectation conforme au projet d'aménagement »⁴.*

Dans ce cadre, des orientations générales d'urbanisme relatives à la modernisation et au développement du quartier de La Défense ont été approuvées en août 2007 par le Ministère de l'Ecologie, du Développement et de l'Aménagement Durables⁵ ([annexe 2](#)).

Le premier point principal de ces orientations générales d'urbanisme est de restructurer et densifier le quartier pour remplacer les tours de bureaux obsolètes, créer de nouvelles tours et construire des logements pour maintenir la mixité fonctionnelle du quartier. Celles-ci prévoient des secteurs de recomposition urbaine à vocation principale de logement et à vocation principale de bureaux, tout en précisant qu'il faut éviter la monofonctionnalité.

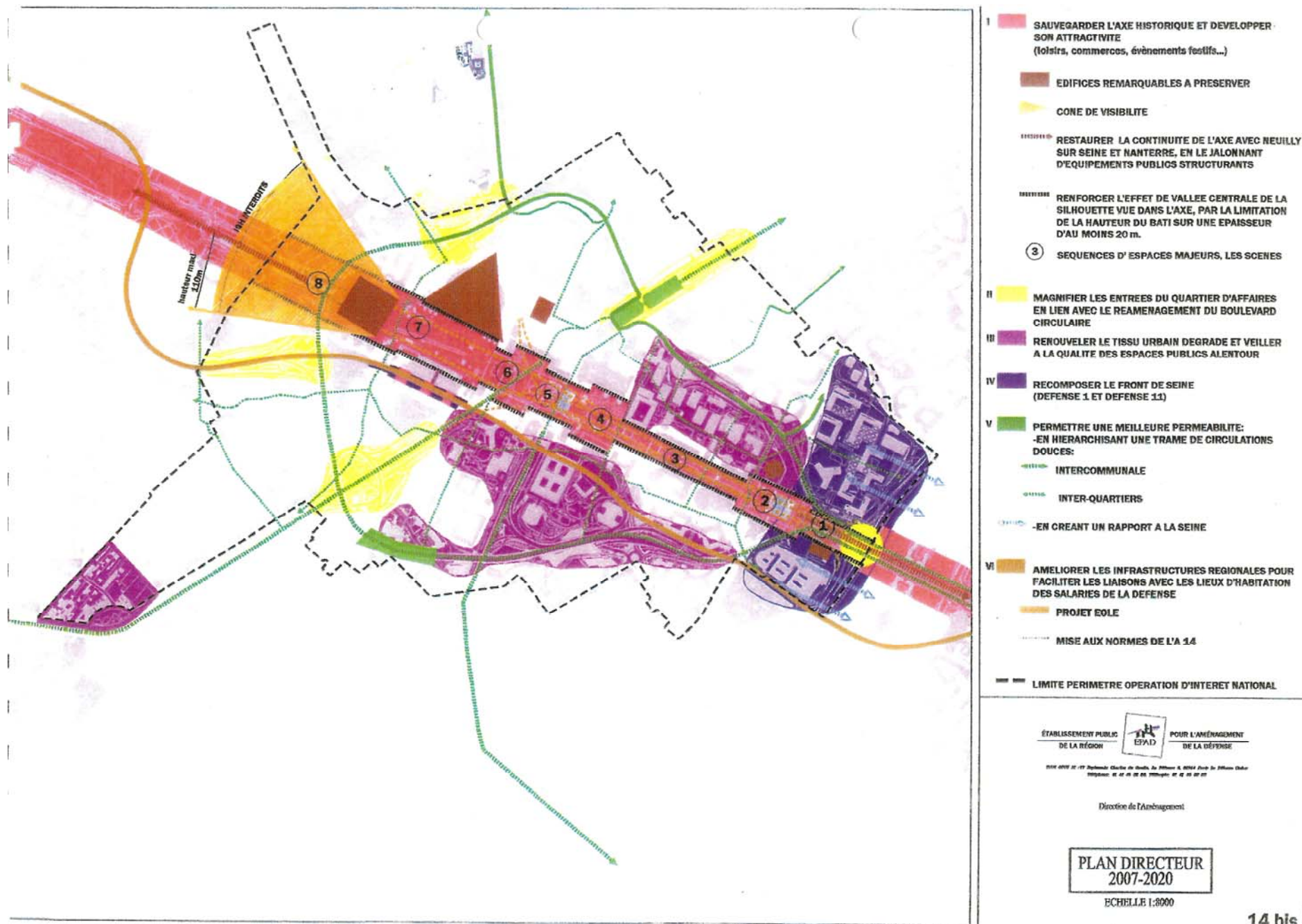
Ces orientations générales d'urbanisme sont la traduction de certaines orientations contenues dans le schéma directeur du renouveau de la Défense que l'EPAD a adopté fin 2006. Celui-ci contient des orientations générales d'aménagement pour le quartier à long terme, relatives au long terme (plan directeur 2007-2020), à court terme (plan d'action 2007-2013) et à très court terme (plan d'urgence).

La carte du plan directeur ainsi que celle du plan d'action sont reprises ci-après ([cartes 6 et 7](#)).

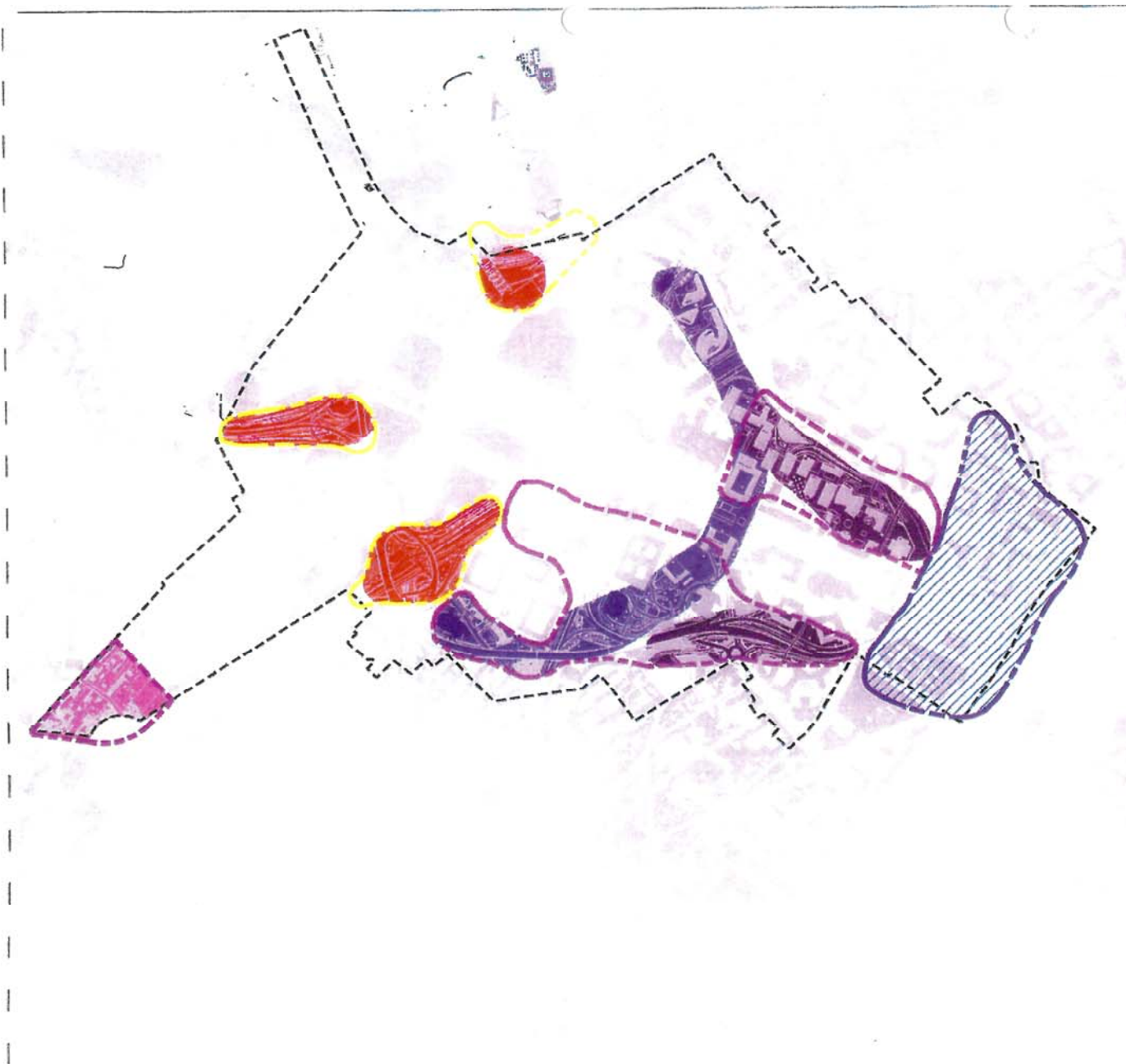
L'on notera plus particulièrement que le plan directeur prévoit un « cône de visibilité » à l'extrémité de l'axe historique, à l'intérieur duquel la construction d'immeubles de grande hauteur est interdite.

⁴ Décret n°58-815 du 9 septembre 1958 créant un établissement public pour l'aménagement de la région dite "de la Défense" dans le département de la Seine, article 1.

⁵ Décret 2007-1222 du 20 août 2007.



Carte 6 - Schéma directeur du renouveau de la Défense : plan directeur 2007 - 2020



PLAN PROGRAMME 2007-2013

- LES BERGERES:**
RENOUVELER LE QUARTIER D'HABITATION
(40.000 à 50.000m² de logements maximum)
- LA CEINTURE BLEUE:**
VEILLER A CONFORTER LA MIXITE FONCTIONNELLE EN
REALISANT UN PLAN D'AMENAGEMENT D'ENSEMBLE
PORTANT SUR 50.000 m² DE BUREAUX PRIS SUR LE
CREDIT D'AGREMENT, ET LE COMPLEMENT DU
PROGRAMME DE LOGEMENTS DANS LA LIMITE DE SON
ACCEPTABILITE PHYSIQUE ET URBAINE
- LES FLANCS:**
ZONES PRIORITAIRES POUR REGENERER LES TOURS
OBSOLETES ET ENCOURAGER LES
DEMOLITIONS/RECONSTRUCTIONS
(au moins 150.000m² supplémentaires sans agrément
et 50.000m² environ pris sur le crédit d'agrément)
- LES PORTES:**
AUTORISER DE NOUVEAUX PROJETS SUR TROIS
SITES STRATEGIQUES
(200.000 m² de bureaux pris sur le crédit
d'agrément + 100.000m² pour la tour du Ministère
de l'Equipement
= 300.000m² au total)
- LE FRONT DE SEINE:**
PREPARER LA RESTRUCTURATION URBAINE
(moyen terme) EN LIEN AVEC LA COUVERTURE DE
LA RN13 A NEULLY ET LA REQUALIFICATION
DES BERGES DE SEINE

ETABLISSEMENT PUBLIC
DE LA REGION

 **PARIS**
EVAL

POUR L'AMENAGEMENT
DE LA DEFENSE

2007 0710 01 : 11 Boulevard de la Défense, 92130 Neuilly-sur-Seine
0146 00 00 00 : 01 46 00 00 00 : 01 46 00 00 00

Direction de l'Aménagement

**PLAN D'ACTION
2007-2013**

PLAN PROGRAMME

ECHELLE 1:8000

18 bis

Carte 7 - Schéma directeur du renouveau de la Défense : plan d'action 2007-2013

2.1.4 Exemple : La tour Boucry

La tour Boucry est située rue Boucry, 8, sur le territoire de la Ville de Paris, et plus particulièrement dans le 18^{ème} arrondissement (Nord-Est). Il s'agit d'une tour de 88 m construite en 1974. Elle est composée de 28 niveaux sur rez-de-chaussée, rez-de-jardin et 4 niveaux de sous-sols et parkings (560 places), plus un étage technique (niveau 29) et une chaufferie en terrasse. Elle comporte 500 logements et environ 6.000 m² de bureaux.



Figure 3 - Tour Boucry

(Source : <http://fr.structurae.de/photos/index.cfm?JS=72926>)

Elle est située en zone urbaine générale au plan de zonage et de destinations, dans le secteur d'incitation à la mixité habitat-emploi (extrait des **cartes 1 et 2** ci-dessus) :

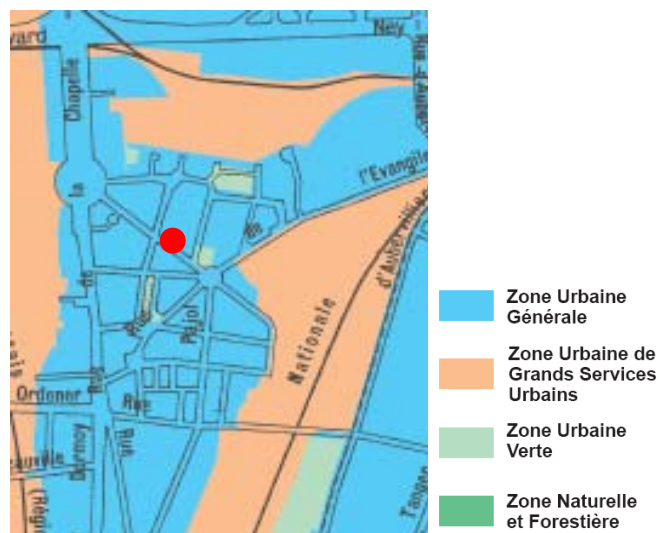


Figure 4 - Tour Boucry : extrait du plan de zonage du PLU

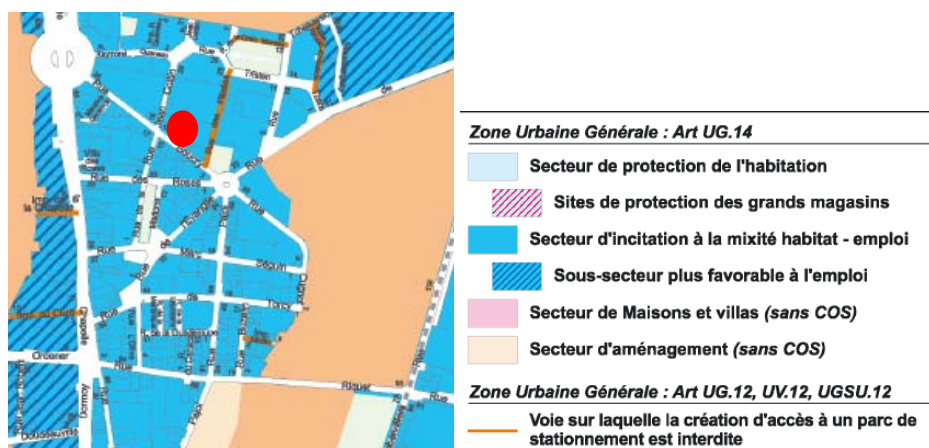


Figure 5 - Tour Boucry : extrait de la carte équilibre des destinations du PLU

A cet endroit, le plan des hauteurs limite en principe la hauteur sous plafond à 37 m (extrait de la [carte 3](#) ci-dessus).

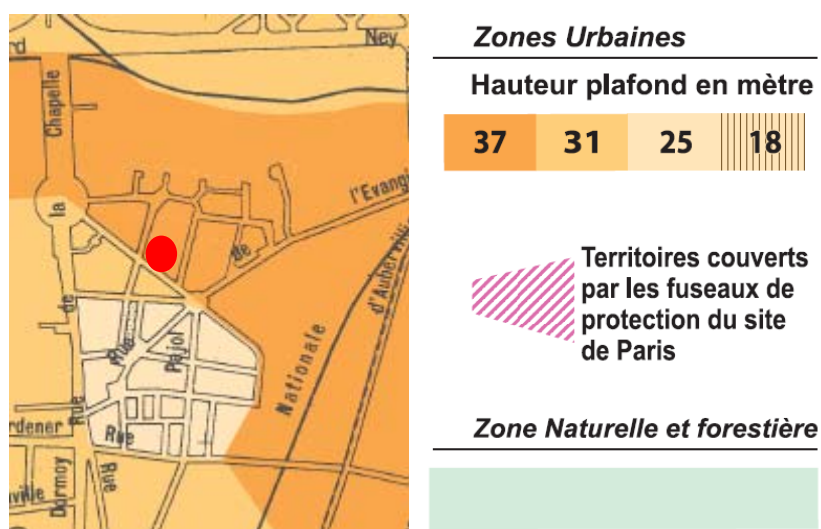


Figure 6 - Tour Boucry : extrait de la carte des hauteurs du PLU

Elle n'est par contre concernée par aucun fuseau de protection. De même, la planche au 1/2000^e ne contient aucune autre disposition particulière applicable au bien (voir **carte 5** ci-dessus).

La tour Boucry n'est pas conforme au PLU, sa hauteur dépassant actuellement les 37 m autorisés. Pour les immeubles existants non-conformes, le paragraphe VI du Règlement du PLU prévoit qu'une autorisation d'exécuter des travaux ne peut être accordée que pour des travaux qui n'aggravent pas la non-conformité de la construction.

2.2 Londres

2.2.1 Généralités

Aux Royaume-Uni, il y a depuis 2004 deux principaux niveaux de plans :

- Les « stratégies spatiales régionales » (*Regional Spatial Strategies – RSS*), élaborées par les autorités régionales compétentes en matière d'urbanisme ;
- Les « cadres de développement local » (*Local Development Frameworks – LDF*), élaborés par les autorités locales. Il s'agit d'un « dossier » qui comprend toute une série de documents qui déterminent le développement de la zone concernée pour les prochaines années. Ils se composent des éléments suivants :
 - o Les « documents de planification du développement » (*Development plan documents – DPD*), à savoir :
 - une « stratégie principale » (*core strategy*), qui fixe les objectifs de développement clés ;
 - des « affectations particulières de sites » (*site specific allocations*) ;
 - des « cartes de propositions adoptées » (*adopted proposed map*), qui illustrent toutes les prescriptions des DPD relatives à des endroits particuliers ;
 - des « plans d'action par zone » (*area action plan*), qui se concentrent sur une zone ou un endroit particulier ;
 - d'autres DPD, par exemple des documents thématiques relatifs au logement, au commerce, etc.
 - o Un « état de l'implication de la communauté » (*statement of community involvement*), qui expose comment et quand les autorités ont l'intention de consulter les communautés locales et les personnes intéressées dans le cadre de la préparation des DPD ;
 - o Un « rapport annuel de contrôle » (*annual monitoring report*) ;
 - o Un « schéma de développement local » (*local development scheme*), qui identifie quels DPD seront élaborés, dans quel ordre et quand ;
 - o Des « documents d'urbanisme supplémentaires » (*supplementary planning documents*), ainsi que des « décisions de développement local » (*local development orders*) et des « zones simplifiées » (*simplified planning zones*).

Au niveau régional, la région du Grand Londres (*Greater London*) a fait l'objet d'une stratégie spatiale régionale (*Regional Spatial Strategy*) élaborée par le Maire (*Mayor*), mieux connue sous la dénomination de « Plan de Londres » (*London Plan*⁶ – **annexe 3**). La question de la protection des vues dans le Grand Londres est par ailleurs abordée dans le « cadre de gestion des vues de Londres » (*London View Management Framework – LVMF*⁷) publié en 2007 (**annexe 4**).

⁶ <http://www.london.gov.uk/thelondonplan/>

⁷ <http://www.london.gov.uk/mayor/strategies/sds/spg-views.jsp>

Au niveau local, la ville de Londres avait publié son plan unitaire de développement (*unitary development plan* – UDP) en 2002. Suite aux modifications législatives de 2004, celle-ci travaille actuellement à l'élaboration d'un nouveau cadre de développement local (LDF⁸ – **annexe 7**).

Dans le cadre du plan unitaire de développement de 2002, une circulaire supplémentaire d'urbanisme relative à la protection des vues de la cathédrale Saint-Paul, intitulée « *St Paul and Monuments Views* »⁹, avait été publiée (**annexe 8**). Celle-ci a été révisée en 2007.

2.2.2 Greater London

2.2.2.1 London plan

A. Objectifs du Maire

Dans le *London Plan* (**annexe 3**), les 6 objectifs du Maire sont tout d'abord définis. Il est précisé que les DPD locaux devront tenir pleinement compte de ces objectifs.

Le premier de ces objectifs est de contenir la croissance de Londres au sein de ses frontières, sans empiéter sur les espaces ouverts. A cet effet, l'une des mesures clés est d'augmenter la densité, tout en tenant compte de la capacité des transports publics, en vue d'arriver à une ville de haute qualité, compacte et sûre.

B. Stratégie de développement

Dans cette optique, le plan contient notamment des prescriptions relatives à des zones d'opportunité (prescription 2A.5) et à des zones de densification (prescription 24.6).

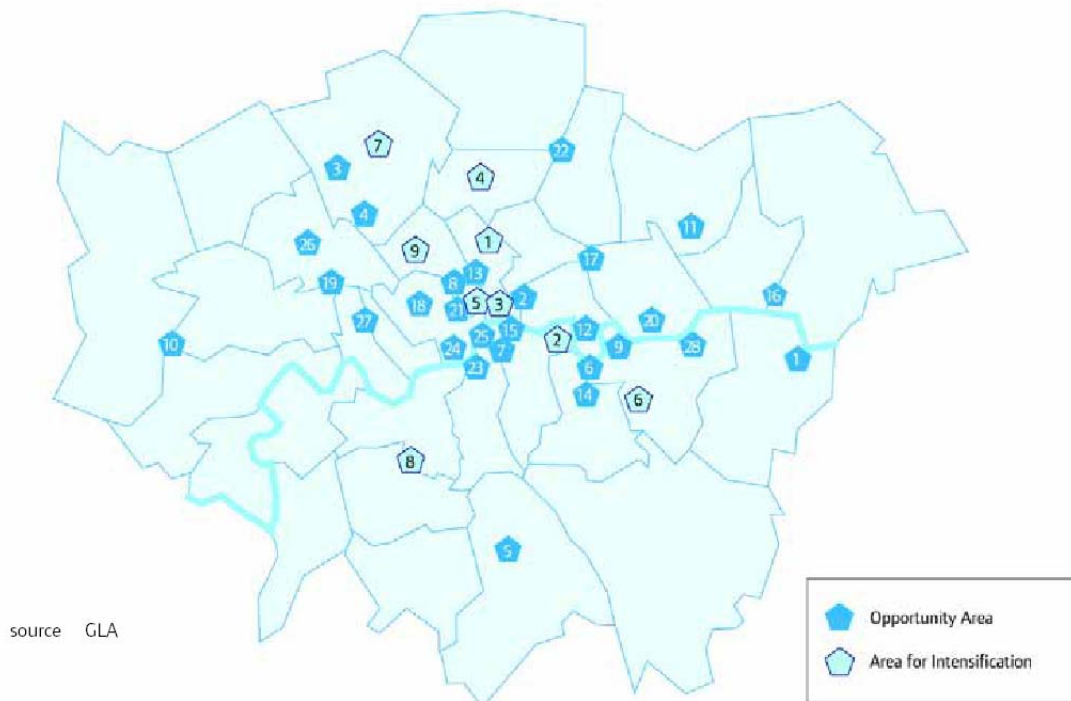
La première prévoit que les autorités locales élaborent et mettent en œuvre, en partenariat avec les autorités régionales, des « cadres d'urbanisme spatial » (*spatial planning framework*) pour les zones d'opportunité (*opportunity areas*) déterminées sur la **carte 8** ci-après.

La deuxième prévoit que les DPD identifient des zones de densifications (*areas for densification*), également indiquées sur la **carte 8**. Dans ces zones, les prescriptions des DPD devront exploiter leur accessibilité en transports en commun et leur potentiel en termes d'augmentation du logement, de l'emploi et des autres destinations, au moyen de densités plus élevées et d'utilisations plus mixtes et intensives.

⁸ http://www.cityoflondon.gov.uk/Corporation/LGNL_Services/Environment_and_planning/Planning/Local_Development_Framework/

⁹ http://www.cityoflondon.gov.uk/Corporation/LGNL_Services/Environment_and_planning/Planning/Planning_policy/udp_supplementary_doc.htm

map 2A.1 Opportunity Areas and Areas for Intensification



Areas for Intensification

- 1 Arsenal/Holloway
- 2 Canada Water/Surrey Quays
- 3 Farringdon/Smithfield
- 4 Haringey Heartlands/Wood Green
- 5 Holborn
- 6 Kidbrooke
- 7 Mill Hill East
- 8 South Wimbledon/Colliers Wood
- 9 West Hampstead Interchange

Opportunity Areas

- 1 Bexley Riverside
- 2 City Fringe (including Bishopsgate/South Shoreditch)
- 3 Colindale
- 4 Cricklewood/Brent Cross
- 5 Croydon
- 6 Deptford Creek/Greenwich Riverside
- 7 Elephant & Castle
- 8 Euston
- 9 Greenwich Peninsula & Charlton Riverside West
- 10 Heathrow (including Hayes, West Drayton, Southall, Feltham, Bedfont Lakes and Hounslow)
- 11 Ilford
- 12 Isle of Dogs
- 13 King's Cross
- 14 Lewisham-Catford-New Cross
- 15 London Bridge/Bankside
- 16 London Riverside
- 17 Lower Lea Valley including Stratford
- 18 Paddington
- 19 Park Royal/Willesden Junction
- 20 Royal Docks
- 21 Tottenham Court Road
- 22 Upper Lea Valley (including Tottenham Hale)
- 23 Vauxhall/Nine Elms/Battersea
- 24 Victoria
- 25 Waterloo
- 26 Wembley
- 27 White City
- 28 Woolwich, Thamesmead & Charlton Riverside East

Carte 8 - London plan : zones d'opportunité et de densification
(carte 2A.1, p. 45)

C. Esthétique

Le London plan contient des prescriptions thématiques relatives à l'esthétique des bâtiments, regroupées en deux chapitres : 1. Principes esthétiques pour une ville compacte (prescriptions 4B.1 à 4B.8) et 2. Spécificités de l'esthétique d'une ville compacte (4B.9 et 4B.10).

L'un des principes esthétiques pour une ville compacte (prescription 4B.1) consiste à favoriser la mixité des fonctions.

Par ailleurs, la prescription 4B.9 est plus particulièrement relative à la localisation des immeubles élevés. Cette prescription prévoit que le Maire de Londres doit promouvoir la construction

d'immeubles élevés notamment là où ils créeront des points de vue qui mettent en valeur le caractère de Londres.

Outre les critères prévus aux prescriptions 4B.1 à 4B.10, les projets d'immeubles élevés devront également tenir compte de la prescription 3A.3 qui impose, en vue d'augmenter le nombre de logements disponible, de maximiser le potentiel des sites en y construisant la densité maximale compatible avec le contexte local et la capacité des transports publics.

La prescription 4B.9 prévoit également que les arrondissements peuvent identifier des zones où il serait plus problématique d'ériger des immeubles élevés, à condition d'expliquer clairement les caractéristiques locales qui pourraient être affectées et pourquoi. Il n'est par contre pas question d'imposer des restrictions de hauteur non justifiées applicables à tout l'arrondissement.

La prescription 4B.10 impose quant à elle notamment que les grands immeubles rencontrent les exigences du cadre de gestion des vues (prescription 4B.16) et, lorsque cela est opportun, qu'ils présentent une mixité des fonctions avec accès public (par exemple commerces ou cafés au rez-de-chaussée).

Les prescriptions 4B.16 à 4B.18 sont particulièrement intéressantes pour les immeubles élevés, puisqu'elles concernent la protection des vues.

Ainsi, la prescription 4B.16 expose que le Maire a désigné une série de vues stratégiquement importantes, listées dans le tableau 4B.1 ci-dessous, qui doivent être gérées conformément aux prescriptions 4B.17 et 4B.18. Cette liste sera régulièrement revue.

London Panoramas	
1	From Alexandra Palace to central London
2	From Parliament Hill to central London
3	From Kenwood to central London
4	From Primrose Hill to central London
5	From Greenwich Park to central London
6	From Blackheath Point to central London
Linear Views	
7	The Mall to Buckingham Palace
8	Westminster Pier to St Paul's Cathedral
9	King Henry's Mound, Richmond to St Paul's Cathedral
River Prospects	
10	Tower Bridge
11	London Bridge
12	Southwark Bridge
13	Millennium Bridge and Thames side at Tate Modern
14	Blackfriars Bridge
15	Waterloo Bridge
16	The South Bank
17	Golden Jubilee/Hungerford Footbridges
18	Westminster Bridge
19	Lambeth Bridge
20	Victoria Embankment between Waterloo and Westminster Bridges
21	Jubilee Gardens and Thames side in front of County Hall
22	Albert Embankment between Westminster and Lambeth Bridges along Thames Path near St Thomas' Hospital
Townscape Views	
23	Bridge over the Serpentine, Hyde Park to Westminster
24	Island Gardens, Isle of Dogs to Royal Naval College
25	City Hall to Tower of London
26	St James's Park Bridge to Horse Guards Road

source GLA
note The numbers refer to the Management Plans in the London Views Management Framework SPG (2007)

Figure 7 - London plan : vues désignées
(table 4B.1, p. 258)

La prescription 4B.17 prévoit l'élaboration d'un plan de gestion de ces vues, qui doit notamment clarifier des seuils appropriés de hauteur des constructions.

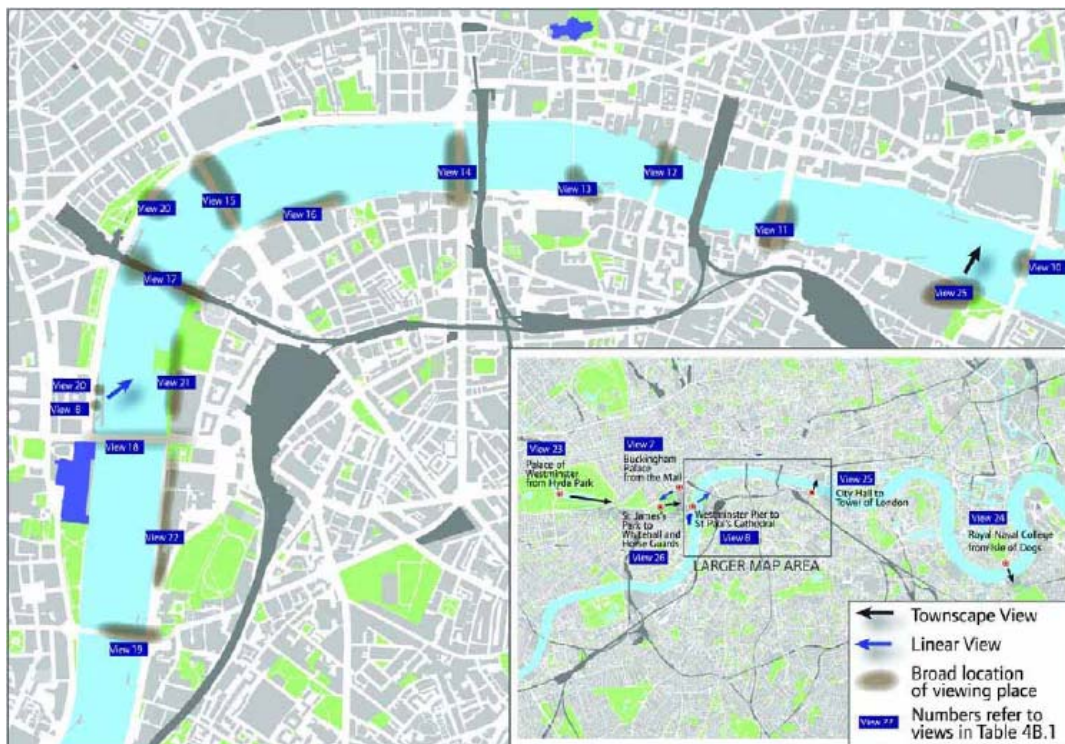
La prescription 4B.18 précise comment les projets de constructions doivent être évalués lorsqu'ils tombent dans les zones concernées par ces vues.

2.2.2.2 London view management framework (LVMF)

En application de la prescription 4B.18 du London plan, le Maire de Londres a élaboré le « cadre de gestion des vues de Londres » (*London view management framework – LVMF* – **annexe 4**).

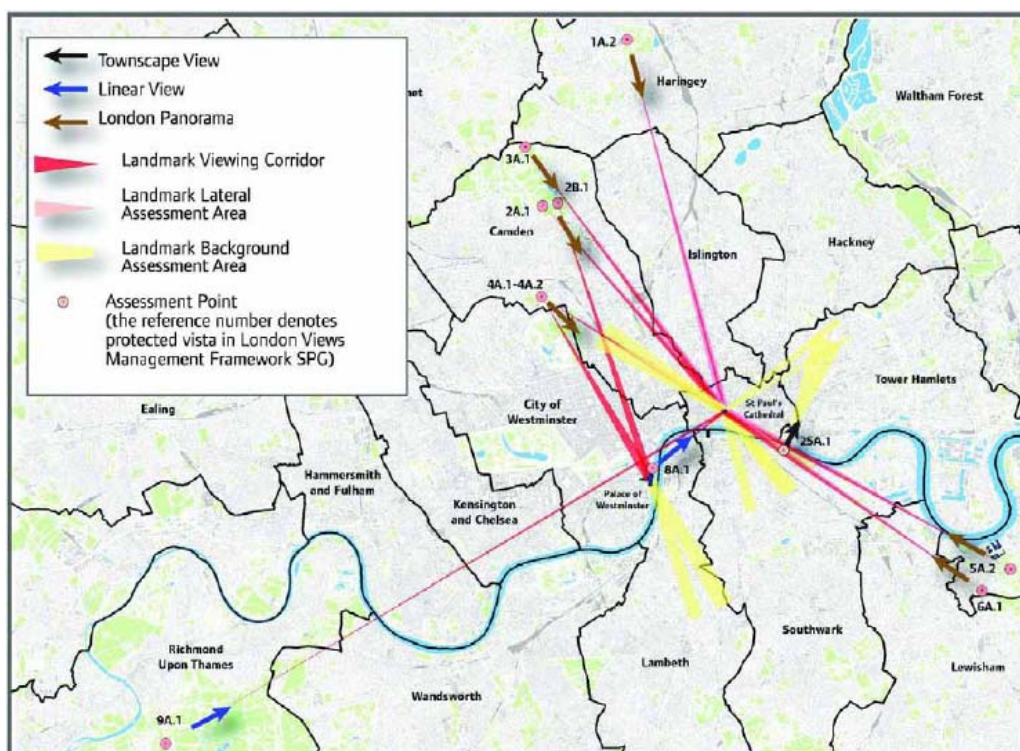
Le LVMF prévoit deux approches pour la gestion des vues :

- les 26 « vues désignées » (*designated views*) dont question ci-dessus sont gérées par une « évaluation visuelle qualitative » (*qualitative visual assessment - QVA*), concrétisée dans des plans de gestions ;



Carte 9 - London plan : Cadre de gestion des vues dans le centre de Londres
(carte 4B.1, p. 262)

- Parmi ces 26 vues, certaines « vues protégées » (*protected vistas*) sont quant à elle aussi gérées par définition géométrique (*geometric definition*).



Carte 10 – London plan : vues protégées
(carte 4B.2, p. 263)

A. Qualitative visual assessment

L'évaluation visuelle qualitative consiste à évaluer les effets d'une nouvelle construction sur le caractère et la composition des 26 vues désignées, en effectuant une évaluation visuelle du paysage urbain.

Ces 26 vues désignées ont différentes composantes :

- des points d'évaluation (*assessment points*), c'est-à-dire les points identifiés formellement dans le LVMF, à partir desquels une évaluation optimale d'une vue peut être effectuée ; les vues perçues depuis ces points d'évaluation sont appelées vues significatives ;
- des points de vue (*viewing points*), à savoir tout autre point situé dans un espace public, qui peut être sélectionné par le demandeur de permis en accord avec les autorités ;
- des endroits de vue (*viewing places*), à savoir des espaces publics au sein desquels se trouvent des points d'évaluation ou des points de vue.

Diagram of Viewing Place

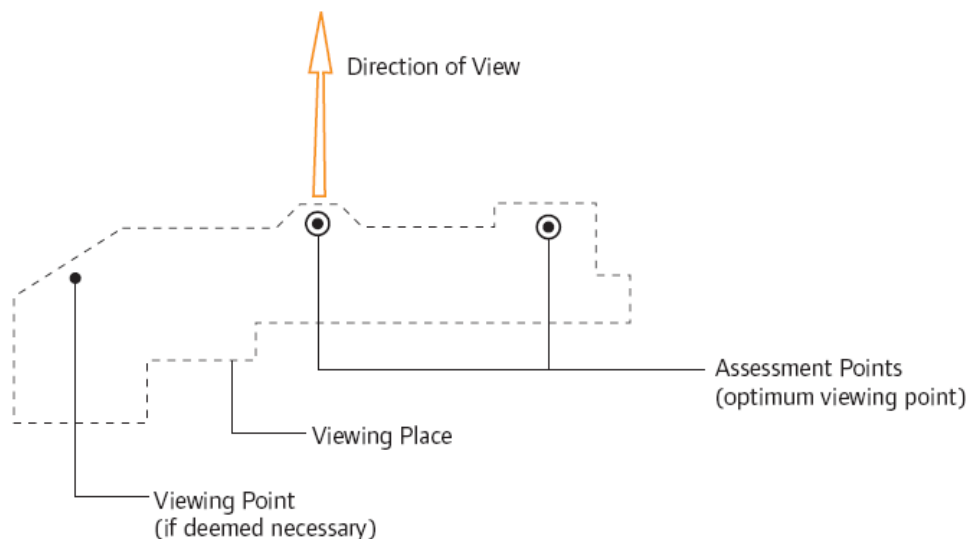


Figure 8 –Diagram of viewing place
(LVMF, p. 7)

Lorsqu'un projet est susceptible d'affecter une vue, une évaluation en quatre étapes est opérée :

- 1) avant l'introduction de la demande, consultation des autorités afin de déterminer les éléments clés à évaluer : délimitation de la zone à évaluer, identification des points d'évaluation ainsi que d'éventuels autres points de vue, détermination de la forme et des détails de représentations visuelle précise (*accurate visual representation*).
- 2) Description de la vue désignée
- 3) Description du projet et préparation des représentations visuelles précises
- 4) Evaluation du projet

En ce qui concerne plus particulièrement les immeubles élevés, le LVMF (§3.53) stipule que le Maire encouragera la consolidation des ensembles de tours existants (City and Canary Warf). De nouveaux ensembles de tours pourraient toutefois émerger, particulièrement dans les zones d'opportunités définies par le London plan.

Dès l'introduction (§ 1.14), le LVMF précise qu'il sera particulièrement pertinent dans l'évaluation des projets de bâtiments élevés et de leurs effets sur certaines vues, aussi bien en termes d'impact potentiel que de mise en valeur potentielle. Plus particulièrement, les bâtiments élevés ne sont pas acceptables s'ils sont susceptibles d'obscurcir ou d'affecter négativement des points de repère importants ou d'avoir un impact sur la relation entre certains points de repères au sein d'une vue désignée. Dans tous les cas, les projets devront démontrer leurs qualités esthétiques positives ainsi que les solutions esthétiques imaginatives. Ils feront aussi l'objet d'une évaluation rigoureuse et le Maire ainsi que les autorités locales veilleront à ce que ces projets rencontrent les critères du London plan et du LVMF.

Comme exposé ci-dessus, le LVMF contient un plan de gestion pour chacune des 26 vues désignées, en fonction desquels les évaluations doivent être opérée. A titre d'exemples, l'on renverra aux plans de gestion des vues depuis l'Alexandra Palace ([annexe 5](#)) et depuis le London Bridge ([annexe 6](#)).

B. Protected vistas

Les « vues protégées » sont des perspectives depuis un point d'évaluation particulier qui sont gérées par « définition géométrique ». Ces *protected vistas* sont dessinées en fonction de la position d'un « point de repère stratégiquement important » (*strategically important landmark*), à savoir des immeubles stratégiquement importants, qui ont une signification à l'échelle du Grand Londres et qui méritent une reconnaissance particulière.

La définition géométrique vise à préserver ou mettre en valeur l'aptitude à reconnaître et à apprécier les points de repères stratégiquement importants. Cette méthode consiste à définir géométriquement des zones d'évaluation de la vue ainsi que des seuils de hauteur. Ces corridors définis géométriquement sont appelés « vues protégées » (*protected vistas*).

The Components of a Protected Vista

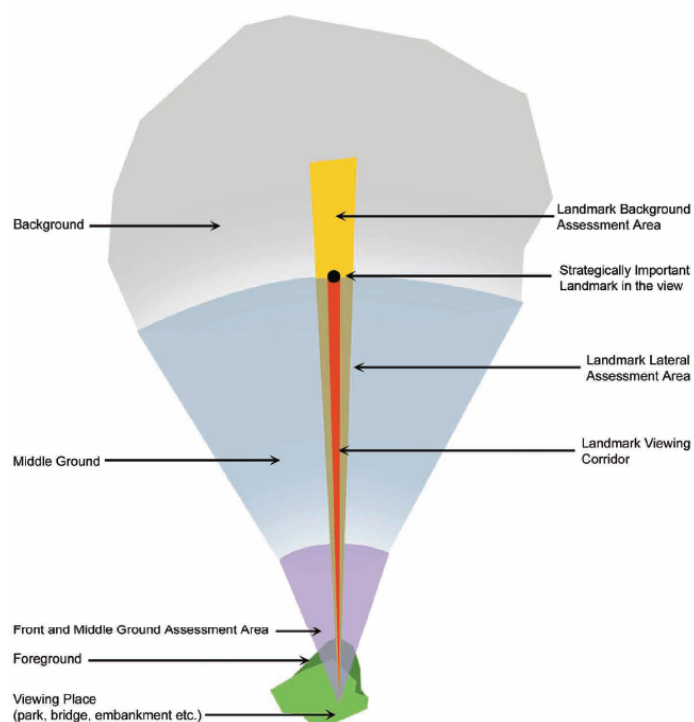


Figure 9 – Les composants d'une vue protégée
(LVMF, p. 8)

Les seuils de hauteur et les corridors sont définis dans les plans de gestion (à titre d'exemple, voir les plans de gestion des vues depuis l'Alexandra Palace ([annexe 5](#)) et depuis le London Bridge ([annexe 6](#))).

Tout projet qui dépasse les seuils de hauteur énoncés sera soumis à l'avis du Maire de Londres and des arrondissements concernés par la vue en question.

2.2.3 City of London

2.2.3.1 LDF

Comme exposé ci-dessus, le cadre de développement local (LDF) de la Ville de Londres est actuellement en cours d'élaboration. Dans ce cadre un projet de « stratégie principale » (*core strategy*) a été rédigé et soumis au public ([annexe 7](#)).

Ce projet comprend plusieurs considérations qui intéressent le sujet de la présente étude.

Tout d'abord, l'augmentation des densités figure parmi les défis clés. Le § 2.7 du projet de stratégie précise que la croissance de l'économie devra être rencontrée par une augmentation des surfaces, ce qui impliquera souvent une augmentation de la densité des projets. Ce processus présente l'avantage de renforcer le noyau d'activités bénéfique économiquement qui existe dans et autour de la Ville. Arriver à une densité plus élevée tout en gardant un environnement attractif pour les travailleurs et les habitants et sans porter atteinte au patrimoine architectural constitue toutefois un défi.

La vision pour la Ville future développée dans la stratégie cherche à créer une ville de classe mondiale tout en tenant compte des besoins des travailleurs, des résidents et des visiteurs et en protégeant l'environnement bâti et naturel (§ 2.22).

Le §2.23 insiste sur le fait que la Ville de Londres est et doit rester un centre international d'affaires et de finances de classe mondiale. A cet effet, dans les parties appropriées de la ville, des immeubles plus hauts et grands participeront l'augmentation de densité rendue nécessaire par l'augmentation du nombre de travailleurs.

En ce qui concerne la mixité fonctionnelle des immeubles, celle-ci est encouragée, mais seulement pour les affectations autres que le logement (bureaux, commerces, etc.) (point n° 4).

Le développement des logements est en effet encouragé près des noyaux résidentiels existants. La stratégie insiste par ailleurs sur le fait qu'il faut éviter les projets résidentiels là où ils pourraient entrer en conflit avec des projets commerciaux ou avoir peu d'agrément résidentiel (point n° 6).

Un point entier de la stratégie est consacré aux immeubles élevés (point n° 10). L'option retenue par la stratégie est de continuer à encourager la concentration de ceux-ci dans les sites adéquats au sein du noyau principal à l'Est de la Ville ainsi qu'au Nord.

Il ressort toutefois de ce point n° 10 que les tours ne sont envisagées que pour répondre à la demande de superficies de bureaux. Les tours de logement ou mixtes ne sont quant à elles pas évoquées.

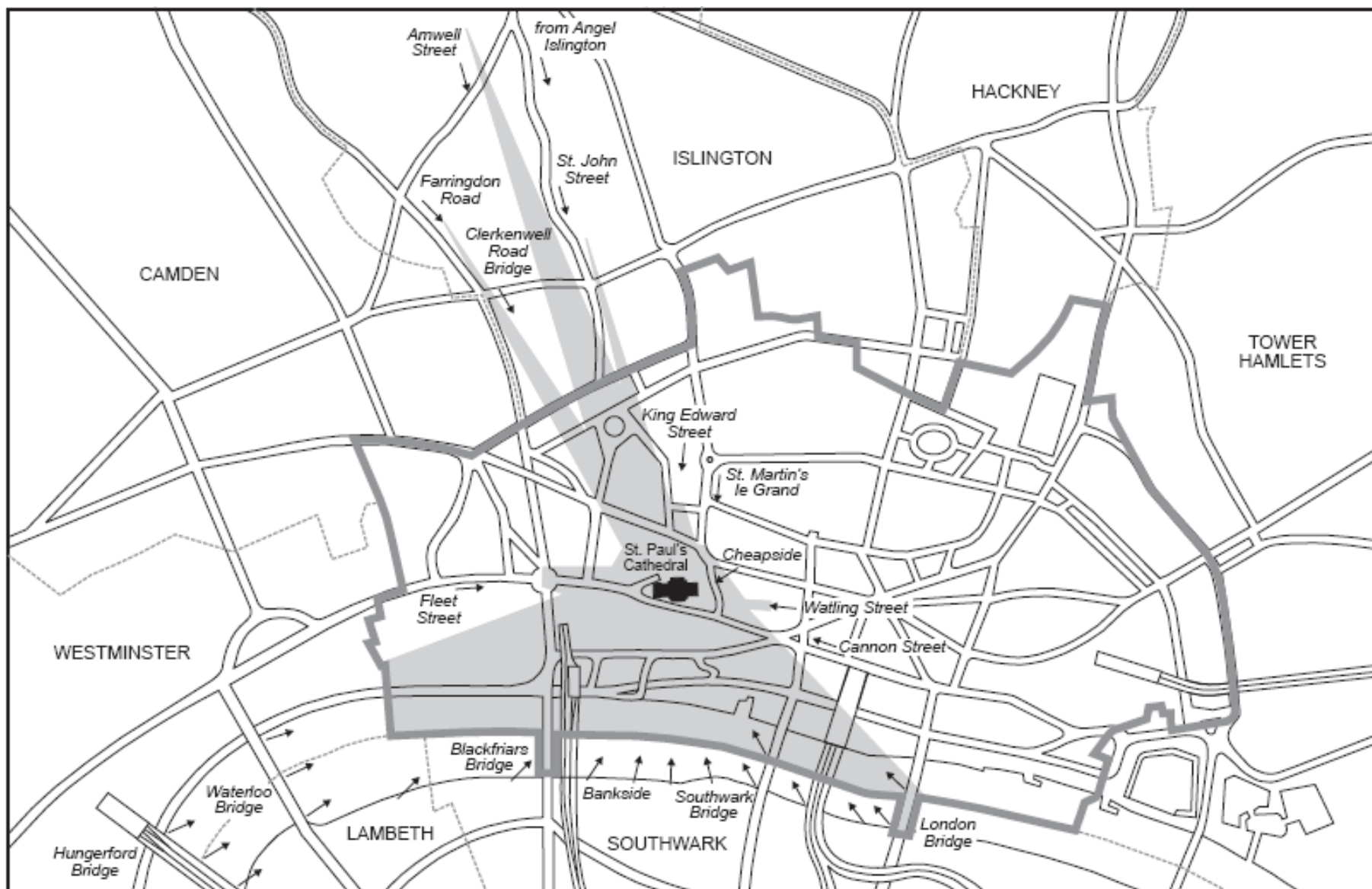
En ce sens, les services d'urbanisme de la Ville de Londres confirment qu'ils ne cherchent pas activement à encourager la mixité des immeubles élevés, même s'ils sont conscients des aspects

esthétique et de dynamisme culturel de la maximisation de l'espace public au rez-de-chaussée des projets d'immeuble élevé.

2.2.3.2 St Paul and Monuments Views

Depuis les années 30, la hauteur des bâtiments est limitée à Londres en fonction des vues de la Cathédrale Saint-Paul. Plus récemment, le 15 janvier 2002, la Ville de Londres a adopté une circulaire relative à certaines vues, intitulée « *St Paul and Monuments Views* », qui a été révisée en décembre 2007 ([annexe 8](#)).

Ce document s'applique en conjonction avec le London plan et le LVMF. Il détermine une grille de hauteurs maximales qui ne peuvent être dépassées dans la zone délimitée sur le plan ci-après ([carte 11](#)) afin de protéger les vues de la cathédrale Saint-Paul et d'autres monuments.



- St. Paul's Height's Control Area
- Viewpoints and Areas (diagrammatic)

City of London Unitary Development Plan 2002
Map 10.4 St. Paul's Heights

This map is indicative only; exact protection areas are shown on Proposals Map A and in Supplementary Planning Guidance

© Crown copyright. All rights reserved. 087254 - 2002

2.2.4 Exemple : Le Shard – London Bridge Tower

En termes d'exemples, les services d'urbanisme de la Ville de Londres nous ont informés qu'il n'existe pas sur le territoire de la Ville d'immeubles élevés comportant un usage mixte de bureaux et de logements. Cela est dans la logique des politiques exposées ci-dessus.

Par contre, au niveau du Grand-Londres, la Shard London Bridge Tower, située sur la rive gauche de la Tamise, dans l'arrondissement de Southwark, est un projet de tour à usage mixte de bureaux et de logements, d'une hauteur d'environ 300 m (80 étages). Ce projet a été autorisé le 19 novembre 2003 (annexe 9). Les travaux de construction devraient commencer début 2009, dès que les démolitions actuellement en cours seront terminées.



Figure 10 – The Shard

(Source : http://www.skyscrapernews.com/images/pics/46LondonBridgeTower_pic11.jpg)

Dans le cadre de la présente étude, il est intéressant de citer certains motifs de la décision octroyant ledit permis :

- le Secrétaire d'Etat considère que, pour qu'un immeuble de cette taille soit acceptable, ses qualités esthétiques sont déterminantes. Dans le cas d'espèce, la tour projetée présente selon lui des qualités architecturales très élevées.
- Il observe qu'une grande partie des inquiétudes exprimées concernent plus la localisation de l'immeuble que son architecture, et en particulier ses effets sur les vues de Saint-Paul et son

impact sur la tour de Londres. A cet égard, le Secrétaire d'Etat estime que le bâtiment projeté ne réduira ni la visibilité ni le cadre de Saint-Paul et qu'il constituera une mise en valeur de l'arrière-plan actuel. En outre, le bâtiment n'abîmera pas le caractère architectural ou le cadre historique de la tour de Londres.

- Il affirme enfin que la localisation de l'immeuble est très durable.

2.3 Rotterdam

2.3.1 Plans d'aménagement

Aux Pays-Bas, l'aménagement du territoire est déterminé par trois niveaux de plans :

- au niveau national, par un *planologische kernbeslissing* (pkb), qui est indicatif ;
- au niveau provincial, par des *streekplannen* ;
- au niveau communal, par des *bestemmingsplannen*.

Le 15 décembre 200, le Conseil des Ministres néerlandais a par ailleurs présenté un document intitulé « Cinquième rapport gouvernemental sur l'aménagement du territoire » ([annexe 10](#)), qui définit la politique nationale en matière d'aménagement du territoire pour les prochaines décennies.

L'un des principes des politiques nationales exprimées dans ce rapport concerne la gestion de la demande d'espace. En vue de rencontrer cette demande, le rapport préconise une intensification de l'usage de l'espace, plus particulièrement dans les zones urbaines.

Dans les centres urbains, ce rapport estime qu'il est important de préserver le mélange des fonctions. D'après ce rapport, les environs des gares ferroviaires offrent souvent des possibilités de projets à grande échelle. Ces zones se prêtent donc à l'établissement de nouveaux instituts, logements et entreprises, construits à densité élevée et sur la base d'un plan d'urbanisation.

Par ailleurs, pour favoriser l'usage intensif de l'espace, le rapport suggère que des hauteurs de construction minimales soient déterminées sur certains sites.

Ce rapport contient en outre un projet de *planologische kernbeslissing*, qui contient une disposition intéressante : pour préserver la zone extérieure d'une urbanisation supplémentaire, les zones urbaines seront munies d'un contour rouge. Ces contours seront tracés par les municipalités et arrêtés par les provinces.

2.3.2 Exemple : la Tour Montevideo

La tour Montevideo est située le long de la Nouvelle Meuse, dans un quartier appelé Kop van Zuid. Il s'agit d'un immeuble à usage mixte (bureaux logements, commerces) de 43 étages et d'environ 150m construit en 2005.



Figure 11 – Tour Montevideo

(Source : <http://www.emporis.com/files/transfer/sixwm/2005/12/424625.jpg>)

Cet immeuble est situé en zone à usage mixte (*gemengde doeleinde*) au *bestemmingsplan* de la commune de Rotterdam¹⁰.

¹⁰ Consultable sur : <http://bestemmingsplannen.dsv.rotterdam.nl/main/main.asp>

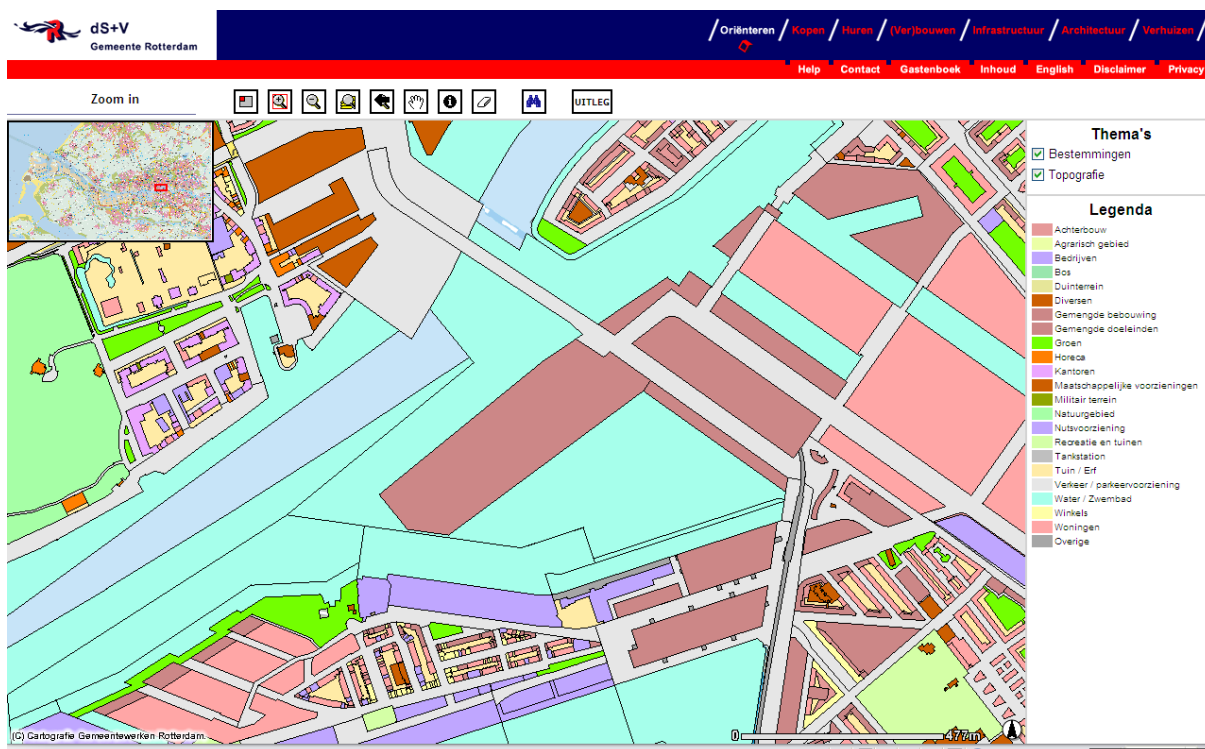


Figure 12 : Rotterdam – bestemmingplan
(Source : <http://bestemmingsplannen.dsv.rotterdam.nl>)

D'après le développeur, la société ING Real Estate, plusieurs réunions relatives à l'architecture du bâtiment ont eu lieu avant l'introduction de la demande. Ainsi, lors de l'introduction de celle-ci, il n'y a plus eu de discussions avec la commune. La hauteur du bâtiment étant conforme aux prescriptions applicables, aucune dérogation n'a dû être obtenue.

Le permis d'urbanisme, demandé le 27 mars 2002, a été obtenu le 30 juin 2003 (**annexe 11**).

2.4 Francfort

2.4.1 Plans d'aménagement

Selon les informations qui nous ont été fournies par les services d'urbanisme de la Ville, la construction de tours à Francfort doit obligatoirement être couverte par des plans d'aménagement, notamment en ce qui concerne la hauteur souhaitée.

Il existe bien une disposition permettant la construction de bâtiments en comblement si ces bâtiments s'intègrent dans les bâtiments existants. Cependant, dans la mesure où les tours ne s'intègrent généralement pas, car elles sont beaucoup plus hautes que les bâtiments voisins, cette disposition ne trouve jamais à s'appliquer dans leur cas.

Par ailleurs, la construction de tours entraîne des effets considérables sur l'environnement, sur le trafic, sur le paysage du quartier. Ces effets ne peuvent être examinés de manière correcte que dans le cadre de l'élaboration d'un plan d'urbanisme.

La construction de tours est donc régulièrement soumise à élaboration de plans. Ces plans peuvent couvrir des tours séparées ou groupées. Ils sont élaborés par l'administration d'urbanisme de la ville de Francfort, généralement à la demande de l'assemblée de la ville. Ils doivent faire l'objet d'un règlement communal adopté par ladite assemblée.

Deux exemples de plans d'aménagement¹¹ sont repris ci-après, à savoir le plan B556 (carte 12) et le plan 702 Ä (carte 13).

Par ailleurs, il existe à Francfort un plan informel sur le développement des endroits susceptibles d'être affectés à la construction de tours, intitulé « *plan de développement de la construction de tours à Francfort-sur-le-Main* ». Un premier plan a été adopté en 1999. Une mise à jour de celui-ci est en cours d'adoption ; le nouveau projet de plan a ainsi été présenté à la presse le 25 avril 2008 (annexe 12).

Il s'agit d'un plan cadre qui fixe les endroits susceptibles d'être construits par des tours, sur la base d'une analyse de l'aménagement et du développement de la ligne d'horizon (skyline) en général, ainsi que sur la base d'analyses particulières d'endroits spécifiques. Ces analyses comprennent aussi des aspects liés à la perte de l'ensoleillement et au climat.

Le projet actuel du plan de développement des tours à Francfort vise, pour la première fois, l'affectation des tours.

Quatre tours exclusivement réservées à l'habitat sont actuellement autorisées à Francfort, sur 22 projets. Pour toutes les autres tours, un pourcentage d'environ 30% de la surface totale construite doit être destiné à l'habitat. Cette surface ne doit pas nécessairement être réalisée au sein de la tour. Elle peut également être construite ailleurs. Le but est qu'à côté des emplois créés, on crée un certain nombre de logements.

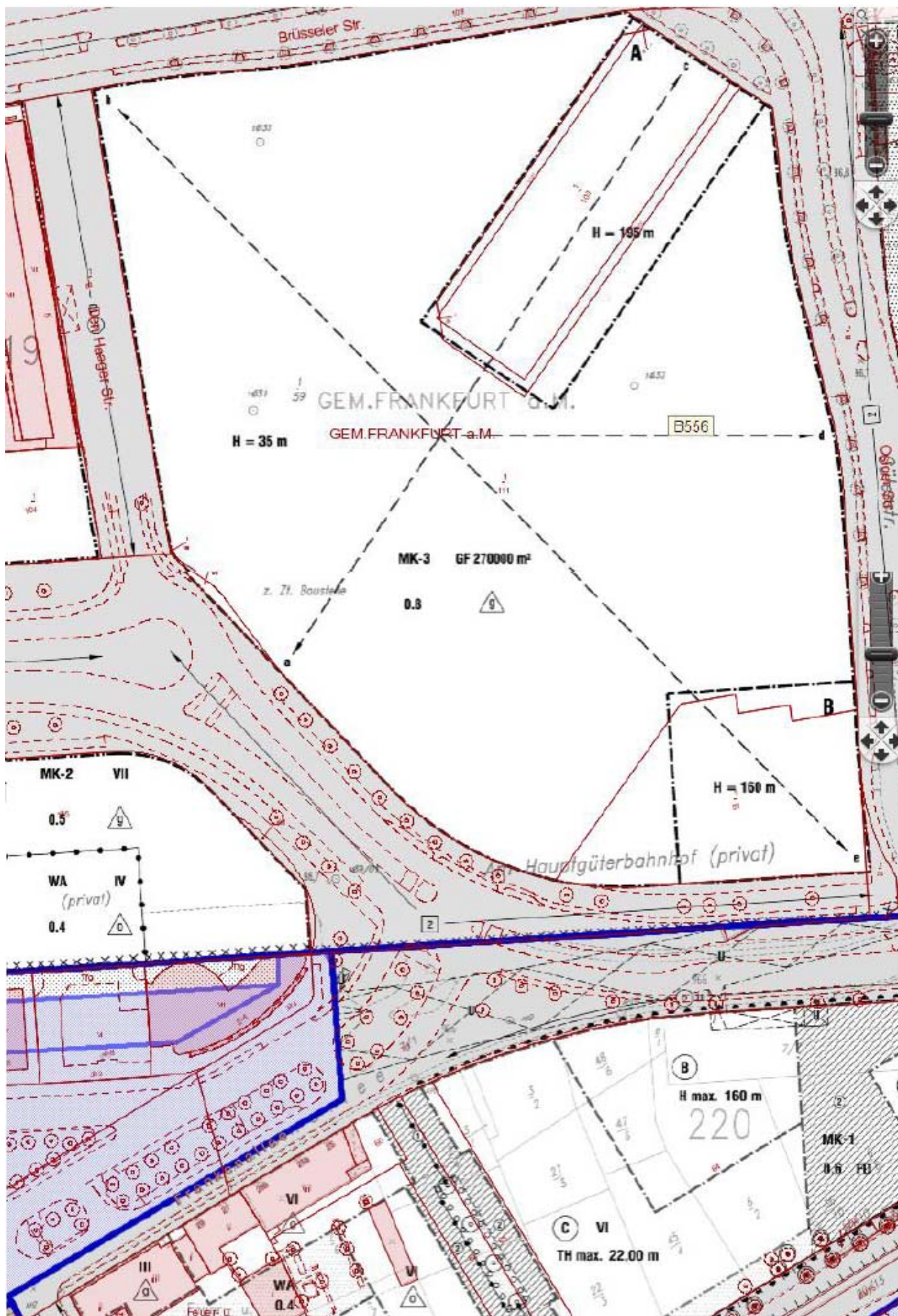
Ce pourcentage résulte soit des plans d'urbanisme, soit de contrats d'urbanisme conclus entre la ville et les propriétaires des terrains concernés.

Dans la plupart des projets développés, les logements sont créés en dehors de la tour même. Certains projets construisent des logements soit dans les premiers étages de la tour, soit dans des bâtiments en accotement à celle-ci.

D'après ce plan, la grande différence de hauteur entre la ville « normale » et les tours n'est pas contraire au bon aménagement des lieux. Les tours sont toutefois implantées prioritairement en clusters, de préférence à une grande distance des quartiers d'habitation et seulement là où les transports en communs sont très développés.

Des implantations singulières ne peuvent être acceptées que lorsque le projet revêt une importance particulière publique, ou en cas de connexion urbanistique exceptionnelle.








¹¹ Ces plans peuvent être consultés sur le site internet suivant : http://www.planas-frankfurt.de/planAS/index_frame.htm?user=www-bebauungsplaene&pw=b











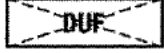




Carte 12 – Francfort : plan d'aménagement n° 556


Zeichenerklärung

Festsetzungen gemäß BauGB, BauNVO, HBO u. PlanzV

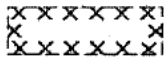
WA	Allgemeine Wohngebiete
MK-1 - MK-5	Kerngebiete; siehe Textteil Ziffer 1.2 bis 1.9 Zones centrales
SO	Sondergebiete Zones "à part"
	Nicht überbaubare Grundstücksflächen zone non constructible
GF	max. Geschoßflächen, z.B. 65000 m² superficie maximale des étages
	Geschoßflächenzahl, z.B. 3.0 Nombre d'étages
0.4	Grundflächenzahl, z.B. 0.4 Superficie au sol
H	max. Gebäudehöhen in Meter; siehe Textteil Ziffer 2.1 Hauteur maximale
III	Zahl der Vollgeschosse als Höchstgrenze z.B. III Nombre maximal d'étages complets
a - e	Ausgangs- und Endpunkte von Passagen bzw. Wegeverbindungen siehe Textteil Ziffer 5 Point de départ et de fin des passages
	Offene Bauweise Constructions ouvertes
	Geschlossene Bauweise constructions fermées
	Baulinie Alignement
	Baugrenze Limite de construction
	Flächen für den Gemeinbedarf Espaces communs

	Straßen- (Verkehrsflächen-) Begrenzungslinie soweit diese nicht mit der Katastergrenze übereinstimmt
	Limite par rapport à la voirie (si différent du cadastre)
	Verkehrsflächen
	voiries
	Versorgungsfläche (Elektrizität)
	Öffentliche und private Grünflächen
	Parcs publics et privés
	Anpflanzung einer Baumreihe mit Angabe der Mindestanzahl von Bäumen, z.B. 10, Standort variabel
	Rangée d'arbre (nombre d'arbres)
	Anpflanzung von Baumreihen, z.B. 4 Baumreihen
	Nombre de rangées d'arbres
	Erhaltung von Bäumen
	Arbres à maintenir
	Mit Fahr- u. Leitungsrechten zu Gunsten der Erschließungsträger zu belastende Fläche
	Servitude
	Mit Leitungsrechten zu Gunsten der Erschließungsträger zu belastende Fläche
	Mit Gehrechten zu Gunsten der Allgemeinheit zu belastende Fläche
	Durchfahrt
	Passage
	Grenze des räumlichen Geltungsbereichs
	Limites du plan
	Grenze von Art und Maß der Nutzung
	Limites entre différentes utilisations
A, B	Maß der Nutzung siehe Textteil Ziffer 2.3

Nachrichtliche Übernahme

	Einzelanlagen (unbewegliche Kulturdenkmale), die dem Denkmalschutz unterliegen
	Projet singulier, monuments, sites protégés

Kennzeichnungen



Kennzeichnung von Flächen, deren Böden mit umweltgefährdenden Stoffen belastet sind
§ 9 (5) Nr. 3 BauGB

zones polluées

Hinweise

Voiries prévues



geplanter Wegeverlauf von Passagen bzw. Wegeverbindungen

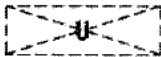
Immissionsschutz

Für Fassaden (d.h. Fenster, Außenwände und Dachflächen) von Aufenthaltsräumen sind die Anforderungen an die Luftschalldämmung von Außenbauteilen gemäß Ziffer 5 und Tabellen 8 u. 9 der zum Zeitpunkt des Bauantrages gültigen DIN 4109 "Schallschutz im Hochbau" einzuhalten.

Die Aufenthaltsräume der Wohnungen im Sinne der DIN 4109 "Schallschutz im Hochbau" sind auf der lärmabgewandten Seite anzuordnen.

Polizeifunkverkehr

Aufgrund der im Plangebiet künftig zulässigen Hochhausbebauung ist das Auftreten von Störungen des polizeilichen Funksprechverkehrs wahrscheinlich. Im Baugenehmigungsverfahren ist daher bei Hochhäusern zu fordern, sie so auszubilden, daß sie den polizeilichen Funkverkehr nicht behindern oder daß durch ausgleichende Maßnahmen die Voraussetzungen für einen störungsfreien Funkverkehr ermöglicht werden.



U - / Stadtbahn unterirdisch

Darstellung entsprechend dem gültigen Flächennutzungsplan siehe Textteil Ziffer 6



Carte 13 - Francfort : plan d'aménagement n° 702Ä

Zeichenerklärung

Festsetzungen gemäß BauGB, BauNVO, HBO u. PlanzV

MK, MK-1 - MK-3 Kerngebiete, siehe Textteil Ziffern 1.1 bis 1.11



Nicht überbaubare Grundstücksflächen

GF

Maximal zulässige Geschossfläche, z.B. 155.000 m²

0.7

Grundflächenzahl, z.B. 0.7

VI

Zahl der Vollgeschosse als Höchstmaß, z.B. VI

TH min

Minimale Traufhöhe in Metern; siehe Textteil Ziffer 2.1

TH max

Maximale Traufhöhe in Metern; siehe Textteil Ziffer 2.1

THZ

Traufhöhe zwingend in Metern; siehe Textteil Ziffer 2.1

H min

Minimale Gebäudehöhe in Metern; siehe Textteil Ziffer 2.1

H max

Maximale Gebäudehöhe in Metern; siehe Textteil Ziffer 2.1

a - d

Ausgangs- und Endpunkte von Passagen bzw. Wegeverbindungen; siehe Textteil Ziffern 5.1 bis 5.3



Geschlossene Bauweise

Baulinie

Baugrenze

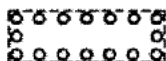
Straßen- (Verkehrsflächen-) Begrenzungslinie soweit diese nicht mit der Katastergrenze übereinstimmt



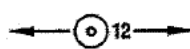
Verkehrsflächen



Öffentliche und private Grünflächen



Umgrenzung von Flächen zum Anpflanzen von Bäumen, Sträuchern und sonstigen Bepflanzungen; siehe Textteil Ziffer 4.1.4



Anpflanzung einer Baumreihe mit Angabe der Mindestanzahl von Bäumen, z.B. 12, Standort variabel



Erhaltung von Bäumen



Mit Gehrechten zu Gunsten der Allgemeinheit zu belastende Fläche



Arkade



Grenze des räumlichen Geltungsbereichs



Grenze von Art und Maß der Nutzung

Nachrichtliche Übernahme



Einzelanlagen (unbewegliche Kulturdenkmale), die dem Denkmalschutz unterliegen

Hinweise



geplante Passage bzw. Wegeverbindung

A - D

Eckpunkte der Freifläche Große Gallusstraße 10 - 14

Immissionschutz

Für Fassaden (d.h. Fenster, Außenwände und Dachflächen) von Aufenthaltsräumen sind die Anforderungen an die Luftschalldämmung von Außenbauteilen gemäß Ziffer 5 und Tabellen 8 u. 9 der zum Zeitpunkt des Bauantrages gültigen DIN 4109 "Schallschutz im Hochbau" einzuhalten.

Polizeifunkverkehr

Aufgrund der im Plangebiet künftig zulässigen Hochhausbebauung ist das Auftreten von Störungen des polizeilichen Funksprechverkehrs wahrscheinlich. Im Baugenehmigungsverfahren ist daher bei Hochhäusern zu fordern, sie so auszubilden, dass sie den polizeilichen Funkverkehr nicht behindern oder dass durch ausgleichende Maßnahmen die Voraussetzungen für einen störungsfreien Funkverkehr ermöglicht werden.

2.4.2 Exemple : la tour Eurotheum

La tour « Eurotheum », située *Neue Mainzer Straße*, est une tour mixte, les 7 étages supérieurs étant affectés au logement. Construite en 1999, elle est composée de 31 étages et s'élève à 110 m.



Figure 13 – tour Eurotheum

(Source : <http://www.europe-cities.com/images/442hotel.jpg>)

Les extraits du plan d'aménagement B702 Ä ci-dessus (**carte 15**) montrent les contraintes qui s'appliquaient à cette tour en termes de hauteur et d'implantation.

3 Modèles d'organisation juridique de la captation et de la redistribution des plus values associées à la surdensification

3.1 U.S.A.

Aux Etats-Unis, les gouvernements locaux arrêtent des plans de zonage qui déterminent les usages admissibles des parcelles et l'intensité de ces usages. Cet outil de planification peut être complété par un système de transfert des droits de construire (*transfer of development rights* - TDR).

Ce système de TDR consiste à séparer le droit de construire sur une parcelle du droit de propriété sur celle-ci. Le droit de construire peut alors être transféré de cette parcelle à une autre. La personne à qui le droit de construire est transféré peut l'utiliser pour construire sur sa parcelle plus que ce qui est autorisé par le plan d'affectation.

Le système de TDR est repose généralement sur les éléments suivants :

- les règles de zonage, qui comprennent en principe une limite de densité (nombre de logements maximum par hectare) ;
- la désignation de zones « émettrices », dont les droits de construire peuvent être transférés ;
- la désignation de zones « réceptrices », auxquelles lesdits droits peuvent être transférés ;
- le taux de TDR alloué, à savoir le nombre de TDR qu'un propriétaire peut vendre, généralement exprimé en TDR/ha ;
- le bonus de densité dans les zones réceptrices, c'est-à-dire la densité additionnelle autorisée par rapport aux règles de zonage normales, généralement exprimé en logements/ha.

Lorsqu'un programme de TDR est adopté par une autorité locale, il peut aussi diminuer la densité prévue par les règles de zonage dans certaines zones (celles qu'elle veut préserver ou dans le but d'accroître la demande de TDR).

D'après un rapport réalisé en septembre 2007¹², le bilan du système des TDR est contrasté. En effet, il présente plusieurs avantages, mais qui ont certains inconvénients pour corollaire :

- avantages :
 - o il permet de préserver des terrains sans dépenses publiques ;
 - o il donne aux développeurs et aux propriétaires plus de flexibilité que des règles de densité strictes ;
 - o il permet de compenser la perte du droit de construire pour le propriétaire ;
 - o il permet de s'adapter à la croissance tout en préservant des espaces ;
- inconvénients :
 - o ses résultats sont incertains, car l'on ne peut être sûr que les propriétaires participeront et l'on ne sait donc pas combien d'hectares seront préservés ;
 - o des terrains qui seraient de toute façon restés non bâtis voient parfois leur droit de construire transféré à un autre terrain ;
 - o les programmes de TDR peuvent être compliqués à élaborer et à mettre en œuvre.

Selon ce même rapport, trois facteurs influent sur la réussite d'un programme de TDR :

- les TDR semblent mieux fonctionner là où la demande de développement est élevée ;

¹² M. Walls et V. McConnell, *Transfer of Development Rights in U.S. Communities – Evaluating program design, implementation, and outcome*, Washington, 2007, p. 14.

- l'expérience montre qu'il est difficile de forcer une densité supplémentaire dans les zones résidentielles déjà denses ; même si la concentration des développements plus denses dans les centres villes et les autres zones qui disposent d'infrastructures existantes est encouragée, il apparaît en réalité qu'aucun programme de TDR évalué dans le rapport n'y est arrivé ;
- il devrait y avoir un accord général sur les objectifs de préservation du programme de TDR.

Sur cette base, le rapport conclut que la condition de réussite d'un programme de TDR réside dans l'existence d'un marché des droits de constructions actif, lequel est susceptible d'apparaître aux conditions suivantes :

- avant d'établir un programme de TDR, les autorités devraient avoir une bonne connaissance de la valeur du marché des logements et des terrains avec les limites de densité existantes ;
- il est important de ne pas donner une densité plus élevée gratuitement ailleurs, en dehors du marché des TDR ;
- les zones « réceptrices », dans la mesure où elles déterminent la demande de TDR, doivent être établies au début du programme ou, à tout le moins, de manière à ce que le marché et les prix restent stables ;
- la densité admissible grâce aux TDR doit être « de droit » et pas négociée avec les autorités ;
- il revient aux autorités de faire fonctionner le marché en diffusant de l'information, en y participant périodiquement, etc.

3.2 France

Deux systèmes intéressants ont été mis en place en France relativement à la surdensification : il s'agit du système de participation pour sur-utilisation du sol et du système du plafond légal de densité.

Dans le contexte actuel d'incitation à la densification des centres urbains, le premier système est aujourd'hui supprimé, tandis que le second ne subsiste que dans quelques communes.

3.2.1 Le plafond légal de densité

Ce système a été instauré par une loi du 31 décembre 1975. Il consiste à fixer une limite supérieure de construction, dont le dépassement est soumis au paiement d'une somme à la commune.

Au départ, le plafond avait été fixé à 1 (1000 m² construits pour 1000 m² de terrain) pour toute la France et à 1,5 pour Paris. Les communes ont ensuite eu la faculté de moduler le plafond.

Ce système a été abrogé par la loi dite SRU (Solidarité Renouvellement Urbain), mais les communes ayant instauré un plafond légal de densité avant le 31 décembre 1999 peuvent toutefois le conserver (nous avons vu ci-dessus que c'est notamment le cas à Paris où le plafond est égal à 3).

3.2.2 La participation pour sur-utilisation du sol

Les plans locaux d'urbanisme fixent des coefficients d'occupation des sols (COS) en fonction notamment de la capacité des équipements collectifs existants.

En cas de dépassement de ce COS, le paiement d'une taxe était donc prévu, entre autres de manière à pouvoir financer les équipements collectifs supplémentaires.

Avant la loi SRU, le développeur pouvait éviter le paiement de cette participation en se voyant transférer les droits de construire d'un autre terrain. Ce transfert de COS était, jusqu'à la loi SRU du 13 décembre 2000, prévu à l'intérieur des zones urbaines : les plans d'occupation des sols (POS)

pouvaient, sur le fondement de l'article L. 123-1 ancien du Code de l'urbanisme, prévoir une possibilité de dépassement de COS pour des motifs tirés soit de prescriptions d'urbanisme ou d'architecture, soit en raison de l'existence de projets tendant à renforcer la capacité des équipements collectifs.

La loi du 13 décembre 2000 a supprimé toute possibilité de dépassement de COS en zone urbaine, sous la réserve des dispositions de l'article L. 123-1, 5° (reconstruction ou aménagement de bâtiments existants).

Mais dans les zones à protéger en raison de la qualité de leur paysage, le plan local d'urbanisme (PLU) peut déterminer les conditions dans lesquelles les possibilités de construction résultant du COS fixé pour l'ensemble de la zone, pourront être transférées en vue de favoriser un regroupement des constructions sur d'autres terrains situés dans un ou plusieurs secteurs de la même zone. Dans ces secteurs, les constructions ne seront autorisées qu'après de tels transferts, les possibilités de construire propres aux terrains situés dans ces secteurs s'ajoutant alors aux possibilités transférées.

Le transfert de COS n'existe donc plus qu'à l'intérieur des zones naturelles.

L'article L. 123-4 du Code de l'urbanisme dispose que, dans les zones à protéger, en cas de transfert, la totalité du terrain dont les possibilités de construction sont transférées, est frappée de plein droit d'une servitude administrative d'interdiction de construire constatée par un acte authentique publié au bureau des hypothèques. Cette servitude ne peut être levée que par décret pris sur avis conforme du Conseil d'État.

Le transfert de COS en lui-même fait l'objet d'un acte de vente en forme authentique. La servitude frappant le terrain émetteur est constatée par acte notarié et enregistrée au bureau des hypothèques, lors de la délivrance de l'autorisation d'occupation des sols au bénéfice du terrain récepteur.

3.3 U.K.

Au Royaume-Uni, il n'existe à notre connaissance pas de système de transfert de droits de construire similaire à celui existant aux USA ou en France.

Par contre, il existe un système qui se rapproche de nos charges d'urbanisme. Ce système vise à contrebalancer les éventuels effets négatifs d'un projet par des améliorations du quartier environnant, dénommées *planning obligations* (ou *planning gains*).

Le système repose sur un accord entre les autorités locales et le demandeur de permis. Lorsqu'une demande de permis d'urbanisme est introduite, les effets générés par le projet sont évalués. Si ceux-ci sont significatifs, les autorités et le demandeur vont négocier un accord déterminant ce que le demandeur devra faire ou fournir pour contrebalancer ces effets négatifs.

A Londres par exemple, la Ville a élaboré en juin 2004 une circulaire relative aux obligations d'urbanisme ([annexe 13](#)).

Cette circulaire rappelle notamment les principes énoncés dans le London plan en matière d'obligations d'urbanisme. Ainsi, le logement abordable de même que l'amélioration des transports publics sont les premières priorités, suivis par l'enseignement, les équipements de santé, etc. Par ailleurs, la prescription 3B.4 du London plan prévoit que les projets de bureaux doivent normalement présenter un usage mixte incluant du logement.

En droite ligne avec les principes énoncés ci-dessus, la Ville de Londres précise que le London plan admet que la mixité ne soit pas appliquée dans les parties de la Ville où elle pourrait avoir un impact négatif sur les politiques de développement des bureaux. Pour ces zones, le Maire suggère la production de logement hors du site, au titre d'obligation d'urbanisme.

4 Evaluation des barrières juridiques à la mixité fonctionnelle

En Région de Bruxelles-Capitale, l'on peut identifier plusieurs barrières juridiques à la mixité fonctionnelle.

1. Le Plan Régional d'Affectation du Sol constitue la première d'entre elle.

1.A. En effet, tout d'abord, il s'impose de constater que la prescription générale 0.12., qui n'autorise la suppression de logements dans la plupart des zones qu'à des conditions très strictes, pousse les demandeurs de permis à ne pas demander de logement dans leurs projets ou à en demander moins, car ceux-ci ne pourront être reconvertis en une autre activité par après en fonction des besoins du marché. De même, les demandeurs hésiteront à supprimer des activités économiques existantes dans un immeuble pour y installer des logements, dans la mesure où la prescription 0.12. du PRAS rend cette opération irréversible ou du moins difficilement.

1.B. Ensuite, les prescriptions du PRAS, de par leur rédaction, sont inadaptées aux grands immeubles. Les fonctions autres que le logement sont en effet limitées par des superficies absolue (x m²), peu importe la taille de l'immeuble dans lequel elles s'insèrent.

Ainsi, à moins qu'il n'existe un liseré de noyau commercial, la superficie des commerce par immeuble est par exemple limitée à 150 m² en zone d'habitation à prédominance résidentielle, 500 m² en zone d'habitation (à certaines conditions), 2.500 m² en zone de mixité (moyennant PPAS) et 5.000 m² en zone de forte mixité (moyennant PPAS) et ce, quelle que soit la taille de l'immeuble.

Il en va de même pour les autres activités économiques telles que les bureaux et les activités productives.

A cet égard, l'exemple du PLU de la Ville de Paris, qui détermine la mixité des fonctions au moyen de ratios (2/3 de logements, 1/3 d'autres fonctions) pourrait être à suivre.

2. Le nombre d'actes et travaux soumis à permis d'urbanisme constitue une deuxième barrière juridique à la mixité fonctionnelle.

Aujourd'hui, quasi tous les changements de destination et d'utilisation sont soumis à l'obtention d'un permis d'urbanisme.

Indépendamment du fait que ces notions font l'objet d'interprétations divergentes et ce malgré les modifications législatives successives dont elles ont fait l'objet, l'on constate en effet que :

- un grand nombre de destinations différentes, mais parfois similaires, sont définies dans le glossaire du PRAS, de sorte que l'on est très souvent en présence d'un changement de destination soumis à permis d'urbanisme ;
- les changements d'utilisation ne sont pas dispensés de permis s'ils se trouvent dans une (longue) liste arrêtée par le Gouvernement et interprétée de manière extensive par les autorités.

Un grand immeuble devrait pourtant pouvoir être géré de manière dynamique, ce qui nécessite une certaine flexibilité. Demander un permis d'urbanisme chaque fois qu'un locataire (un petit commerce du rez-de-chaussée par exemple) change ou à chaque nouveau besoin (un locataire ou un

propriétaire qui a besoin d'une superficie inférieure de bureaux et qui voudrait les vendre ou les louer pour une autre activité que la sienne) entrave grandement la vie de ce type d'immeubles.

3. La question des emplacements de parking pourrait aussi être une barrière à la mixité fonctionnelle des immeubles.

En matière de stationnement, le RRU prévoit des règles très différentes selon qu'il s'agit de logements ou d'activités économiques.

En cas de construction d'un immeuble mixte, un certain nombre de places sera octroyé pour les logements, un autre pour les bureaux, pour les commerces, etc.

Dans certaines demandes de permis d'environnement, les autorités demandent de préciser sur les plans quelles sont les places afférentes aux logements et aux bureaux. Cela veut donc dire que si une des places renseignées comme afférentes aux logements est finalement louée aux bureaux, parce que son propriétaire n'en a pas besoin, il faudrait demander un permis d'urbanisme pour changement de destination, qui ne pourrait pas être délivré s'il est contraire au RRU.

Si l'on suit cette interprétation, cela serait à nouveau très handicapant pour la vie de l'immeuble, à chaque fois qu'un locataire ou un propriétaire aurait besoin de plus ou de moins de places de parking.

4. Enfin, nous verrons ci-après que les difficultés de gestion des grandes copropriétés sont également une barrière juridique à la mixité fonctionnelle.

5 Modèles d'organisation juridique

5.1 Problématique

Un aspect important dans les gestions des tours a trait à leur organisation juridique.

En Belgique, l'on rencontre principalement les deux modèles suivants :

- un propriétaire unique, qui loue les différentes entités à des particuliers ou des sociétés ;
- ou une copropriété classique.

Bien que la copropriété soit source de nombreux problèmes, qui sont d'autant plus accrus que le nombre de propriétaires est élevés, les mentalités belges privilégient clairement l'acquisition d'un droit de propriété, ou au moins d'un droit réel, par rapport à la location. Il y a notamment deux raisons à cela : 1. les taux d'intérêts actuels rendent l'acquisition plus attractive que la location et 2. seule l'acquisition d'un droit réel permet d'obtenir un prêt hypothécaire.

Dans ces conditions, il est probable que les développeurs de grands ensembles immobiliers préféreront structurer ceux-ci en copropriété, malgré les inconvénients visés ci-dessous.

Un examen des modèles d'organisation existant en Belgique et à l'étranger nous a toutefois permis d'identifier deux modèles intéressants. Il s'agit de la coopération d'habitation et de la division en volumes.

Après avoir exposé les problèmes actuellement rencontrés dans le cadre des copropriétés, et qui devraient faire l'objet d'une attention particulière de la part du législateur, nous examinerons ces deux alternatives.

5.2 Modèles d'organisation

5.2.1 La copropriété

D'après l'article 577-3 du Code Civil, est considérée comme une copropriété tout immeuble ou groupe d'immeubles bâtis dont la propriété est répartie entre plusieurs personnes par lots comprenant chacun une partie privative bâtie et une quote-part dans des éléments immobiliers communs.

La copropriété est source de nombreux problèmes, qui sont d'autant plus accrus que le nombre de propriétaires est élevés ; l'on épinglera entre autres le fait que

- toute modification de la destination, de même que la reconstruction partielle ou la remise en état de l'immeuble requiert une décision de l'assemblée générale adoptée à la majorité des quatre cinquièmes¹³ ;

¹³ A cet égard, voir S. Nopère, « Copropriété forcée des immeubles bâtis et urbanisme en Région de Bruxelles-Capitale : quelles interactions ? », in *La copropriété forcée des immeubles ou groupes d'immeubles bâtis – Bilans et perspectives 10 ans après l'entrée en vigueur de la loi du 30 juin 1994*, Bruxelles, Bruylant, 2005, p. 125.

- la répartition des frais afférents aux parties communes est souvent source de conflits.

L'organisation de tours mixtes en copropriétés a par conséquent souvent montré ses limites, comme dans le cas de la cité des Bosquets dans la banlieue Nord de Paris à Montfermeil¹⁴. Cet important ensemble immobilier de logements a en effet tourné à la catastrophe, en raison d'une conjonction de facteurs défavorables tels que :

- l'absence de réalisation de certains équipements publics projetés ;
- de gros problèmes de gestion ;
- des problèmes de recouvrement des charges communes, trop élevées et que les propriétaires, souvent aux revenus modeste, n'arrivaient donc pas à payer ;
- etc.

Un autre problème des copropriétés réside dans le fait que, dans le cas d'ensembles immobiliers importants, il existe souvent des parties communes qui ne concernent pas toutes les parties privatives. Dans ces hypothèses, il n'est pas normal que l'assemblée générale des copropriétaires ait à traiter de questions relatives à des parties communes qui n'intéressent qu'une partie de ceux-ci.

Ceci est d'autant plus vrai dans un immeuble à usage mixte, dans la mesure où les intérêts de chacune des fonctions sont différents.

C'est pourquoi l'on a imaginé, dans certaines copropriétés comportant par exemple plusieurs immeubles de logement érigés sur un sous-sol commun affecté aux caves et au parcage, de créer des « sous-assemblées » appelées à se prononcer sur les questions relatives aux parties communes qui ne concernent qu'une partie des copropriétaires¹⁵.

Cette pratique a cependant été condamnée par la Cour de Cassation, dans un arrêt du 3 juin 2004, considérant qu'un groupe d'immeuble en copropriété ne peut avoir qu'une personnalité juridique.

Dans le cadre législatif actuel, aucune solution satisfaisante ne semble pouvoir se dégager. Une modification législative appréhendant plus particulièrement la gestion des immeubles mixte et des ensembles immobiliers est donc à notre sens nécessaire.

5.2.2 Exemples

5.2.2.1 Paris – Tour Boucry

La Tour Boucry, qui comporte pour rappel 500 logements ainsi que des bureaux, est organisée en copropriété.

La gestion quotidienne de cette copropriété est effectuée de manière dynamique, comme en témoigne le site internet qui lui est dédié, www.tourboucry.com, qui contient des informations sur la vie de la copropriété (réunions du conseil syndical, etc.), sur les travaux dans la résidence ainsi que des forums, des petites annonces, des sondages, etc.

¹⁴ Cet exemple est longuement développé dans l'article suivant : P. Hermet, « La leçon de Montfermeil », *Etudes foncières*, Mars-avril 2007, n° 126, p. 31.

¹⁵ I. De Stephani et P. De Page, « Les groupes d'immeubles et les sous-assemblées » in *La copropriété forcée des immeubles ou groupes d'immeubles bâtis – Bilans et perspectives 10 ans après l'entrée en vigueur de la loi du 30 juin 1994*, Bruxelles, Bruylant, 2005, p. 6 et sv.

Comme rappelé dans l'exemple de la cité des Bosquets ci-dessus, une gestion active de l'ensemble immobilier par le syndic semble être une condition de réussite importante.

5.2.2.2 Rotterdam – Montevideo tower

La tour Montevideo a également été vendue en copropriété : 68 appartements ont été vendus à une société pour le marché locatif et 124 à des personnes privées, les bureaux et restaurants ont quant à eux été vendus à des investisseurs.

Avant ces ventes, un acte de division a été passé, qui organise toutes les questions légales entre les différents copropriétaires. Ainsi,

- chaque propriétaire a le droit d'utiliser sa partie privative, dans le respect des prescriptions de l'acte de division ;
- l'acte de division mentionne la proportion de chaque partie privative dans le bâtiment (superficie de l'appartement/superficie totale du bâtiment) ; les propriétaires possèdent une partie du bâtiment, mais pas leur appartement ; ils n'ont que le droit de l'utiliser ;
- l'acte définit le fonctionnement de l'association des copropriétaires (président, trésorier, etc.) ;
- il rend obligatoire de faire
 - o une estimation annuelle des frais (nettoyage, entretien, etc.) ;
 - o un dernier paiement annuel (chaque propriétaire paie sa proportion des frais totaux) ;
 - o un règlement d'ordre intérieur.

L'acte de division ne peut être modifié qu'à l'unanimité des propriétaires, en ce compris le créancier hypothécaire (banque).

Le Règlement d'ordre intérieur est par contre un document plus dynamique, qui peut être modifié à la majorité.

Pour la gestion journalière, les propriétaires ont désigné un administrateur et un concierge.

5.3 La coopérative d'habitation

Le principe de la coopérative d'habitation est le suivant :

- l'immeuble est détenu par la coopérative ;
- les habitants de l'immeuble
 - o acquièrent des parts dans cette coopérative et sont donc collectivement propriétaires de l'immeuble ;
 - o louent leur appartement ;
- l'immeuble est géré collectivement.

Ce système présente toutefois l'inconvénient que les loyers ne peuvent être capitalisés, contrairement à l'hypothèse d'une acquisition normale d'un appartement dans une copropriété avec un prêt hypothécaire.

Deux modèles de coopératives émergent actuellement pour répondre à cette question : la coopérative d'habitation à droits superficiaires et la coopérative d'habitation avec capitalisation des membres.

La coopérative à droits superficiaires est celle où la coopérative acquiert un terrain, établit le plan d'implantation et précise le programme architectural puis cède le droit d'utiliser une superficie de

terrain à chacun de ces membres en échange du paiement d'une redevance, et ceux-ci construisent une maison dont ils possèdent les titres de propriété.

La coopérative gère ensuite les espaces communs et les services que les membres lui confient lors des assemblées générales.

La coopérative avec capitalisation des membres est une coopérative d'habitation locative où les membres après avoir défini le programme architectural, investissent une partie du capital nécessaire à la construction sous forme de parts privilégiées. Ils louent ensuite leur logement à un coût variant selon la partie du capital investi.

Même si ces systèmes sont intéressants, d'une part, ils ne résolvent pas tous les problèmes d'une copropriété (les problèmes de conflits subsistent) et, d'autre part, ils ne permettent pas non plus la constitution d'hypothèques.

5.4 La division en volumes

La division en volumes est souvent utilisée en France dans le cas d'ensembles immobiliers complexes (plusieurs immeubles construits sur un même sous-sol par exemple).

Elle consiste à diviser l'ensemble en plusieurs lots, qui consistent en des volumes en trois dimensions, sans aucune partie commune, chaque lot faisant l'objet d'un droit de propriété séparé. Les interactions entre les différents lots sont réglées au moyen de servitudes croisées. Notons également qu'un lot peut parfaitement être organisé en copropriété.

Voici un exemple de division qui pourrait être imaginé dans un complexe immobilier comportant un grand sous-sol sur lequel seraient érigés un bâtiment de bureaux ainsi qu'un immeuble de logements avec commerces au rez :

- lot 1 : l'immeuble de bureau et une partie des parkings ;
- lot 2 : le rez commercial et une partie des parkings ;
- lot 3 : les étages de logements, organisés en une copropriété, et une partie des parkings.

Les parkings pourraient aussi constituer un quatrième lot géré séparément et loué aux autres lots.

Ce système présente l'avantage que chaque lot est géré par son ou ses propriétaires de manière indépendante, ce qui permet d'éviter certains problèmes qui apparaissent généralement dans les copropriétés, surtout lorsque différentes fonctions sont présentes dans l'immeuble.

Le risque est toutefois que l'ensemble ne soit pas géré de manière cohérente (une partie serait bien entretenue et l'autre pas par exemple).

Deux éléments sont à notre sens primordiaux pour la réussite d'une telle division.

Tout d'abord, la description des lots doit être extrêmement précise. A cet égard, il est important d'insister sur le fait que, pour que les dispositions qui régissent la copropriété forcée des immeubles ne s'appliquent pas, il faut qu'il n'y ait aucune partie commune. Comme il existe une présomption d'appartenance aux parties communes en l'absence de précision, il est très important que toutes les parties susceptibles d'être considérées comme communes soient clairement intégrées dans l'un ou l'autre lot.

Dans l'exemple ci-dessus, il conviendra donc de préciser quels murs, toits, halls, ascenseurs, etc. rentrent dans quels lots.

Ensuite, la gestion de l'immeuble doit être déterminée par des servitudes croisées clairement définies, qui doivent notamment permettre d'assurer une cohérence dans le complexe.

6 Conclusion

6.1 Synthèse

6.1.1 Outils de régulation urbanistique

En ce qui concerne les outils urbanistiques, l'on a pu constater qu'en France, aux Pays-Bas et en Allemagne, des plans d'aménagements assez similaires à ceux qui existent en Belgique sont adoptés.

Ceux-ci comportent toutefois des éléments intéressants à étudier pour la Région bruxelloise.

En ce qui concerne le PLU de Paris, l'on épinglera tout d'abord le système des fuseaux de protection. Par ailleurs, le fait de coupler des gabarits généraux (carte des hauteurs), auxquels il est dérogé dans quelques cas (atlas au 1/2000) est également intéressant. De même que la répartition des fonctions aux moyens de pro ratas.

Par ailleurs, aux Pays-Bas et en Allemagne, il est intéressant de noter qu'une demande de permis d'urbanisme conforme à un plan d'aménagement ne peut être refusée, contrairement à la situation en Région bruxelloise.

Dans le cas de Francfort, l'on notera le fait que l'implantation des tours est décidée dans un plan général, qui doit être traduits par des plans d'aménagement plus précis.

La politique urbanistique à Londres semble s'inscrire dans une tout autre logique. Aucune porte ne semble a priori fermée, seuls des grands principes de décision étant établis à l'exception des vues protégées.

D'une manière générale, l'on constate qu'aucune des politiques menées dans les quatre villes examinées ne va à l'encontre des tours. Au contraire, leur construction est plus encouragée, le développement de la ville devant passer par une densification de celle-ci.

Enfin, trois critères importants semblent se dégager de ces politiques :

- la mobilité : les instruments examinés insistent généralement sur l'importance de densifier là où une très bonne accessibilité en transport en commun existe ;
- les clusters semblent être privilégiés plutôt que les tours isolées ;
- la question de l'impact des immeubles élevés sur les vues existantes est souvent mise en avant.

6.1.2 Outils de captation des plus-values

Aux U.S.A, il existe un système de transfert des droits de construire, qui fonctionne comme tout marché en fonction de l'offre et de la demande. Les propriétaires de terrains situés dans des zones émettrices peuvent ainsi vendre leur droit de construire aux propriétaires de terrains situés dans des zones réceptrices.

Il existait un système similaire en France, mais il a été supprimé en 2000, sauf pour les zones naturelles.

Par ailleurs, il existait également en France un système de paiement en cas de dépassement du plafond légal de densité.

Enfin, au Royaume-Uni, il y a un système d'« obligations d'urbanisme » similaires aux charges d'urbanisme existant en Belgique.

6.1.3 Barrières à la mixité fonctionnelle

Les principales barrières à la mixité fonctionnelle que l'on peut identifier en Région de Bruxelles-Capitale sont la rigidité du PRAS et le grand nombre d'actes et travaux soumis à permis d'urbanisme ainsi que les difficultés de gestion des grandes copropriétés.

6.1.4 Organisation juridique des immeubles

Trois modes d'organisation ont été examinés ci-dessus, à savoir la co-propriété, la coopérative d'immeuble et la division en volumes.

Vu le nombre important de locataires et occupants appelés à cohabiter dans un immeuble élevé, aucun de ces modes d'organisation examinés ci-dessus ne semble satisfaisant.

6.2 Propositions d'organisation applicables au cas de Bruxelles

6.2.1 Outils de régulation urbanistique

Parmi les règles urbanistiques examinées ci-dessus, l'opportunité de transposer les éléments suivants en Région bruxelloise mériterait d'être envisagée :

- plan régional sur la localisation des tours (à intégrer dans le PRD ?) ;
- système de fuseaux ou de vues ;
- mis en œuvre par des PPAS ;
- prescriptions plus simples en matière de hauteur ;
- définitions des affectations plus souples (dans le glossaire et dans les permis).

Au lieu de figer de manière définitive l'utilisation de chaque centimètre carré de l'immeuble sur des plans, l'on pourrait envisager de déterminer un pourcentage pour chaque affectation, à répartir dans l'immeuble en fonction des besoins. Le contrôle du respect de ces pourcentages pourrait être effectué au moyen d'une simple déclaration envoyée à l'autorité lorsque la répartition des superficies change.

A cet égard, un mécanisme intéressant est actuellement appliqué dans le cadre des autorisations d'implantation commerciales (AIC) relatives à des complexes commerciaux. Certaines AIC, plutôt que de figer les superficies afférentes à chaque assortiment déterminent de manière littérale des pourcentages maximum, dont le total est supérieur à 100.

Ces pourcentages sont par exemple être les suivants :

- loisirs : 15% ;
- équipement de la personne : 40% ;
- équipement de la maison : 30% ;

- jardinage : 15% ;
- supermarché : 15% ;
- électroménager : 10% ;
- Total : 125%.

Cela permet donc une très grande flexibilité, tout en permettant à l'autorité d'être assurée qu'un certain équilibre sera maintenu.

De même, en ce qui concerne les changements de destination des places de parking, si l'on considère ces changements sont soumis à permis¹⁶, il serait plus judicieux de prévoir une répartition des emplacements de parcage en termes de pourcentages.

6.2.2 Plus-value

Le système des transferts de droits de construire américain n'a jusqu'ici pas prouvé son efficacité. En outre, ce système fait revenir le bénéfice d'une surdensification au propriétaire qui vend son droit au lieu que celui-ci revienne à la collectivité.

Le système actuel des charges d'urbanisme apparaît donc à ce stade comme opportun, même si celui-ci devrait faire l'objet de quelques aménagements. Son caractère rigide est notamment un frein à une réelle efficacité ; les charges devraient en effet être adaptées aux spécificités de chaque cas d'espèce.

6.2.3 Organisation juridique

Cet élément échappe à la Région, dans la mesure où le droit civil est une compétence fédérale.

Des suggestions pourraient toutefois être faites au législateur fédéral compte tenu des implications que l'organisation juridique des immeubles élevés peut avoir sur la perception du cadre de vie.

¹⁶ Ce dont on peut douter dans la mesure où les locaux situés sous le niveau du sol est affectés au parcage ne sont pas considérés comme des superficies de plancher au sens du PRAS ; si l'on devait demander un permis pour changer l'affectation d'un emplacement, il faudrait donc indiquer 0 en situation existante et 0 en situation projetée dans le tableau des superficies...

7 Annexes

Annexe 1 -	Paris – Plan Local d’Urbanisme (PLU)
Annexe 2 -	La Défense - Orientations générales d’urbanisme
Annexe 3 -	London plan
Annexe 4 -	London View Management Framework (LVMF)
Annexe 5 -	LVMF - Plan de gestion des vues de l’Alexandra palace
Annexe 6 -	LVMF - Plan de gestion des vues du London bridge
Annexe 7 -	City of London - Local Development Framework
Annexe 8 -	City of London - ST Paul and Monuments views
Annexe 9 -	Rotterdam - Permis d’urbanisme de l’immeuble « Shard »
Annexe 10 -	Pays-Bas - 5e rapport gouvernemental sur l’aménagement du territoire
Annexe 11 -	Rotterdam - Permis d’urbanisme de la tour « Montevideo »
Annexe 12 -	Frankfort – plan de gestion des tours
Annexe 13 -	Londres - Circulaire relative aux obligations d’urbanisme